



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0045834  
(43) 공개일자 2024년04월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 23/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
H01L 24/29 (2013.01)  
H01L 24/32 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0125651  
(22) 출원일자 2022년09월30일  
심사청구일자 2022년09월30일

(71) 출원인  
조선대학교산학협력단  
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)

(72) 발명자  
손윤철  
경기도 화성시 동탄순환대로21길 54 동탄2신도시  
센트럴푸르지오 1322동 1404

김병우  
광주광역시 남구 백운로21번길 18-2 1층

심호률  
광주광역시 동구 남문로693번길 11 학2마을아파트  
202동 1804호

(74) 대리인  
한상수

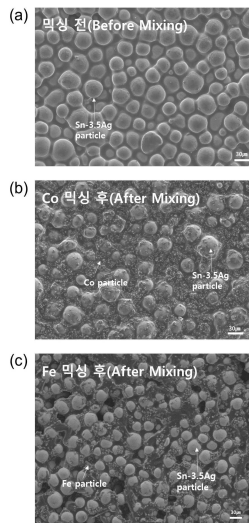
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 SiC 기반 모듈용 접합소재 및 그 접합 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예는 300°C 이상 고온 구동 시 고온/대전류 조건에서 용해 및 파괴되지 않는 고 내열성 및 고 내구성을 가지며, 가격을 낮추기 위해 Ag 소결 분당을 대체하는 SiC 기반 모듈용 접합소재 및 그 접합 방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

- H01L 24/83** (2013.01)
- H01L 2224/29111 (2013.01)
- H01L 2224/29139 (2013.01)
- H01L 2224/29357 (2013.01)
- H01L 2224/32245 (2013.01)
- H01L 2224/32503 (2013.01)
- H01L 2224/83191 (2013.01)
- H01L 2224/83203 (2013.01)
- H01L 2224/8381 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345341782
과제번호	2022RIS-002
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	지자체-대학협력기반지역혁신사업
연구과제명	복합솔더를 이용한 고용점 금속간화합물 접합기술 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	광주전남지역혁신플랫폼
연구기간	2022.09.01 ~ 2023.01.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

Sn과 상기 Sn 대비 2 내지 4 중량%의 Ag의 조성을 가지는 SnAg 합금 입자를 포함하는 SnAg 페이스트 및 상기 Sn 보다 높은 용융점을 가지는 금속 입자를 상기 SnAg 페이스트 대비 5 내지 30 중량%를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

SiC 모듈용 기관과 SiC 기반 소자의 사이를 Sn과 금속 입자의 금속간 화합물을 이루며 접합시키는 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 금속 입자는,

상기 SnAg 페이스트 대비 5 내지 20 중량%의 Co 입자인 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 Co 입자는 13 내지 17  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가지는 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재.

#### 청구항 5

제2항에 있어서,

상기 금속 입자가 Co인 경우 상기 Sn과 금속 입자의 금속간 화합물은  $\text{CoSn}_2$ 인 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 금속 입자는 상기 SnAg 페이스트 대비 10 내지 30 중량%의 Fe 입자인 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 Fe 입자는 2 내지 5  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가지는 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재.

#### 청구항 8

제2항에 있어서,

상기 금속 입자가 Fe인 경우 상기 Sn과 금속 입자의 금속간 화합물은  $\text{FeSn}_2$ 인 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재.

#### 청구항 9

제1항의 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계;

상기 SiC 모듈용 기관에 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 도포하는 단계;

상기 SiC 기반 모듈용 접합소재가 도포된 상기 SiC 모듈용 기판 면에 SiC 기반 소자를 적층하는 단계; 및  
 상기 금속 입자들별로 기 설정된 분위기 조건, 온도 및 압력으로 가열 및 가압하여 상기 SiC 모듈용 기판에 상  
 기 SiC 기반 소자를 접합하는 단계를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재의 접합  
 방법.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계의 상기 금속 입자는, 상기 SnAg 페이스트 대비 5 내지 20 중량  
 %의 Co 입자인 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재의 접합 방법.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계의 상기 Co 입자는 13 내지 17  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가지는 것을 특징으  
 로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재의 접합 방법.

**청구항 12**

제9항에 있어서,

상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계의 상기 금속 입자는, 상기 SnAg 페이스트 대비 10 내지 30 중  
 량%의 Fe 입자인 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재의 접합 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계의 상기 Fe 입자는 2 내지 5  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가지는 것을 특징으로  
 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재의 접합 방법.

**청구항 14**

제9항에 있어서,

상기 SiC 모듈용 기판에 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 도포하는 단계에서 도포되는 상기 SiC 기반 모듈용  
 접합소재의 두께는 20 내지 40  $\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재의 접합 방법.

**청구항 15**

제9항에 있어서, 상기 SiC 기반 소자를 접합하는 단계는,

상기 금속 입자가 Co 입자이고, 상기 SiC 기반 소자가 적층된 상기 SiC 모듈용 기판을 250 내지 350 $^{\circ}\text{C}$  범위 온  
 도에서, 9 내지 11 Mpa의 압력으로, 1 내지 3 시간 가열 및 가압하여, 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를  $\text{CoSn}_2$   
 금속간 화합물로 상 변화시켜 상기 SiC 기반 소자를 상기 SiC 모듈용 기판에 접합시키는 것인 것을 특징으로 하  
 는 SiC 기반 모듈용 접합소재의 접합 방법.

**청구항 16**

제9항에 있어서, 상기 SiC 기반 소자를 접합하는 단계는,

상기 금속 입자가 Fe 입자이고, 상기 SiC 기반 소자가 적층된 상기 SiC 모듈용 기판을 진공 분위기에서 230 내  
 지 270 $^{\circ}\text{C}$  범위 온도에서 1 내지 3분 동안 1차 열처리를 수행한 후,

250 내지 350 $^{\circ}\text{C}$  범위 온도에서, 2 내지 4 Mpa의 압력으로, 1 내지 3 시간 가열 및 가압하여, 상기 SiC 기반 모  
 들용 접합소재를  $\text{FeSn}_2$  금속간 화합물로 상 변화시켜 상기 SiC 기반 소자를 상기 SiC 모듈용 기판에 접합시키는  
 것인 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재의 접합 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

- [0001] 본 발명은 SiC 모듈용 접합소재에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 300℃ 이상 고온 구동 시 고온/대전류 조건에서 용해 및 파괴되지 않는 고 내열성 및 고 내구성을 가지며, 가격을 낮추기 위해 Ag 소결 본딩을 대체하는 SiC 기반 모듈용 접합소재 및 그 접합 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0002] 배출 가스 및 연비 규제 강화로 인해 전기차와 하이브리드 자동차의 생산이 늘어나면서 모터의 구동을 위한 SiC 기반 모듈을 포함하는 파워모듈의 수요가 급증하고 있다.
- [0003] 친환경 자동차의 출력 성능 향상 및 자율주행자동차에 적용되는 소자의 동작 온도는 평균 200℃ 이상이 예상되며, 최대 순간 동작 온도는 300℃ 이상에 도달할 것으로 예상된다.
- [0004] 이에 따라, 하이브리드 및 전기 자동차 등의 친환경 자동차의 성능 향상을 위해 기존의 Si 소자가 구동 평균 작동 온도가 250℃ 이상으로 예상되는 SiC 또는 GaN 기반의 전력반도체 소자로 전환되고 있다.
- [0005] SiC 전력반도체 소자가 적용된 SiC 기반 전력변환모듈 등의 SiC 기반 모듈은 전력 손실을 30% 이상 감소시켜 전력 변환효율을 향상시킨다. 또한, 고온 내구성을 가지며, 대전력/고주파 적용 가능하고, 열전도도를 향상시키는 등의 장점을 갖고 있다.
- [0006] 그러나 SiC 파워모듈의 최대 순간 동작 온도가 300℃ 이상의 고온에서 구동될 수 있다. 300℃ 이상 고온 구동 시 친환경 자동차의 파워모듈 등의 SiC 기반 모듈의 전력소자(Power chip), DBC(Direct Bond Copper), Aluminum Wire, Base Plate, Molding Silicone, Case & Cover, Terminal 등 구성 요소의 방열을 고려한 고온/대전류 조건에서 용해되거나 파괴되지 않는 고내열성 및 고 내구성을 가지는 SiC 기반 모듈용 접합소재가 요구된다.
- [0007] 또한, 친환경 자동차 등을 위한 SiC 시스템이 양산 적용되기 위해서는 전체 비용의 대부분인 SiC 파워모듈 가격이 절반 이하로 낮아져야 하며 이에 따라서 기존 사용되었던 실버 소결 본딩도 다른 소재로 대체되어야 할 필요성도 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2007-0082061호(2007. 08. 20. 공개)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0009] 상술한 종래기술의 필요를 충족하기 위한 본 발명의 일 실시예는, 300℃ 이상 고온 구동 시 고온/대전류 조건에서 용해 및 파괴되지 않는 고 내열성 및 고 내구성을 가지며, 가격을 낮추기 위해 Ag 소결 본딩을 대체하는 SiC 기반 모듈용 접합소재 및 그 접합 방법을 제공하는 것을 해결하고자 하는 과제로 한다.
- [0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0011] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예는, Sn과 상기 Sn 대비 2 내지 4 중량%의 Ag의 조성을 가지는 SnAg 합금 입자를 포함하는 SnAg 페이스트 및 상기 Sn 보다 높은 용융점을 가지는 금속 입자를 상기 SnAg 페이스트 대비 5 내지 30 중량%를 포함하는 SiC 기반 모듈용 접합소재를 제공한다.

- [0012] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재는, SiC 모듈용 기판과 SiC 기반 소자의 사이를 Sn과 금속 입자의 금속간 화합물을 이루며 접합시키는 것일 수 있다.
- [0013] 상기 SiC 모듈용 기판은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 또는 AlN 세라믹 코어의 상하부에 Cu 또는 Al 금속층이 코팅된 구조로 이루어질 수 있다.
- [0014] 상기 금속 입자는, 상기 SnAg 페이스트 대비 5 내지 20 중량%의 Co 입자일 수 있다.
- [0015] 상기 Co 입자는 13 내지 17  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가질 수 있다.
- [0016] 상기 금속 입자가 Co인 경우 상기 Sn과 금속 입자의 금속간 화합물은 CoSn<sub>2</sub>일 수 있다.
- [0017] 상기 금속 입자는 상기 SnAg 페이스트 대비 10 내지 30 중량%의 Fe 입자일 수 있다.
- [0018] 상기 Fe 입자는 2 내지 5  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가질 수 있다.
- [0019] 상기 금속 입자가 Fe인 경우 상기 Sn과 금속 입자의 금속간 화합물은 FeSn<sub>2</sub>일 수 있다.
- [0020] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예는, SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계; 상기 SiC 모듈용 기판에 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 도포하는 단계; 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재가 도포된 상기 SiC 모듈용 기판 면에 SiC 기반 소자를 적층하는 단계; 및 상기 금속 입자들별로 기 설정된 분위기 조건, 온도 및 압력으로 가열 및 가압하여 상기 SiC 모듈용 기판에 상기 SiC 기반 소자를 접합하는 단계를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 SiC 기반 모듈용 접합소재의 접합 방법을 제공한다.
- [0021] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계에서 준비되는 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재는, Sn과 상기 Sn 대비 2 내지 4 중량%의 Ag의 조성을 가지는 SnAg 합금 입자를 포함하는 SnAg 페이스트 및 상기 Sn보다 높은 용융점을 가지는 금속 입자를 상기 SnAg 페이스트 대비 5 내지 30 중량%를 포함하는 것일 수 있다.
- [0022] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계에서 준비되는 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재는 페이스트 상 접합소재일 수 있다.
- [0023] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계의 상기 금속 입자는, 상기 SnAg 페이스트 대비 5 내지 20 중량%의 Co 입자일 수 있다.
- [0024] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계의 상기 Co 입자는 13 내지 17  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가질 수 있다.
- [0025] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계의 상기 금속 입자는, 상기 SnAg 페이스트 대비 10 내지 30 중량%의 Fe 입자일 수 있다.
- [0026] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계의 상기 Fe 입자는 2 내지 5  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가질 수 있다.
- [0027] 상기 SiC 모듈용 기판에 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 도포하는 단계에서 도포되는 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재의 두께는 20 내지 40  $\mu\text{m}$ 일 수 있다.
- [0028] 상기 SiC 기반 소자를 접합하는 단계는, 상기 금속 입자가 Co 입자이고, SiC 기반 소자가 적층된 상기 SiC 모듈용 기판을, 250 내지 350 $^{\circ}\text{C}$  범위 온도에서, 9 내지 11 Mpa의 압력으로, 1 내지 3 시간 가열 및 가압하여, 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 CoSn<sub>2</sub> 금속간 화합물로 상 변화시켜 상기 SiC 기반 소자를 상기 SiC 모듈용 기판에 접합시키는 것일 수 있다.
- [0029] 상기 SiC 기반 소자를 접합하는 단계는, 상기 금속 입자가 Fe 입자이고, 상기 SiC 기반 소자가 적층된 상기 SiC 모듈용 기판을, 진공 분위기에서 230 내지 270 $^{\circ}\text{C}$  범위 온도에서 1 내지 3분 동안 1차 열처리를 수행한 후, 250 내지 350 $^{\circ}\text{C}$  범위 온도에서, 2 내지 4 Mpa의 압력으로, 1 내지 3 시간 가열 및 가압하여, 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 FeSn<sub>2</sub> 금속간 화합물로 상 변화시켜 상기 SiC 기반 소자를 상기 SiC 모듈용 기판에 접합시키는 것일 수 있다.

**발명의 효과**

- [0030] 본 발명의 일 실시예는, 300 $^{\circ}\text{C}$  이상 고온 구동 시 고온/대전류 조건에서 용해 및 파괴되지 않는 고 내열성 및 고 내구성을 가지는 SiC 기반 모듈용 접합을 수행할 수 있도록 하는 효과를 제공한다.
- [0031] 또한, 본 발명의 일 실시예는 Ag 소결 본딩을 대체할 수 있도록 하여 SiC 기반 모듈의 가격을 낮추어 SiC 기반

모듈을 포함하는 SiC 시스템의 양산을 가능하게 하는 효과를 제공한다.

[0032] 본 발명의 효과는 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 설명 또는 특허청구범위에 기재된 발명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

**도면의 간단한 설명**

[0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예의 (a) SnAg 페이스트, (b) SnAg 페이스트와 Co 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재 및 (c) SnAg 페이스트와 Fe 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재의 주사 전자 현미경(SEM) 사진이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예의 SiC 기반 모듈용 접합소재 접합 방법의 처리과정을 나타내는 순서도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예의 (a) SnAg 페이스트와 Co 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재를 이용하여 SiC 기반 소자를 상기 SiC 모듈용 기판에 접합시키는 과정을 나타내는 도면 및 (b) SnAg 페이스트와 Fe 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재를 이용하여 SiC 기반 소자를 상기 SiC 모듈용 기판에 접합시키는 과정을 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명의 실험예의 시편을 제작하는 과정을 나타내는 도면이다.

도 5는 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 접합된 실험예 1 내지 3의 접합부 미세조직 분석 결과를 나타내는 SEM 사진이다.

도 6은 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 2의 EDX 분석 결과를 나타내는 도면이다.

도 7은 Sn-Co의 함량별 상 변화를 나타내는 그래프이다.

도 8은 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 1시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 1의 라인 스캔(Line scan), 매핑(mapping) 결과를 나타내는 도면이다.

도 9는 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 2의 전단 강도(Shear Stress) 시험 결과를 나타내는 도면이다.

도 10은 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 2의 균열 진행 라인 스캔(Line Scan) 분석 결과를 나타내는 도면이다.

도 11은 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 2의 포인트 EDX(point EDX) 분석 결과를 나타내는 도면이다.

도 12는 도 11의 접합부 전단 파괴 단면의 XRD 분석 그래프이다.

도 13은 실험예 1 내지 3의 접합 강도 및 조성 변화를 나타내는 도면이다.

도 14는 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 의해 접합된 실험예 4 내지 실험예 6의 접합부 미세조직 분석 결과를 나타내는 SEM 사진이다.

도 15는 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 의해 1시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 4의 EDX 분석 결과를 나타내는 도면이다.

도 16은 Sn-Fe의 함량별 상변화를 나타내는 그래프이다.

도 17은 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 5의 라인 스캔(Line scan), 매핑(mapping) 결과를 나타내는 도면이다.

도 18은 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 의해 1시간, 2시간 및 3시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 4 내지 6의 전단 시험 결과를 나타내는 도면이다.

도 19는 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 5의 균열 진행 라인 스캔(Line Scan) 분석 결과를 나타내는 도면이다.

도 20은 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 5의 포인트 EDX(point EDX) 분석 결과를 나타내는 도면이다.



도 21는 실험에 4 내지 6의 접합부 전단 파괴 단면의 XRD 분석 그래프이다.

도 22는 실험에 4 내지 6의 접합 강도 및 조성 변화를 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0034] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0035] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉, 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0036] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0037] 본 발명의 일 실시예의 SiC 기반 모듈용 접합소재는 Sn과 상기 Sn 대비 2 내지 4 중량%의 Ag의 조성을 가지는 SnAg 합금 입자를 포함하는 SnAg 페이스트 및 상기 Sn 보다 높은 용융점을 가지는 금속 입자를 상기 SnAg 페이스트 대비 5 내지 30 중량%를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0038] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재는, SiC 모듈용 기판과 SiC 기반 소자의 사이를 Sn과 금속 입자의 금속간 화합물(IMC, Intermetallic compound)을 이루며 접합시키는 것일 수 있다.
- [0039] 상기 금속 입자는, 상기 SnAg 페이스트 대비 5 내지 20 중량%의 Co 입자일 수 있다.
- [0040] 상기 Co 입자는 13 내지 17  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가질 수 있다.
- [0041] 상기 금속 입자가 Co인 경우 상기 Sn과 금속 입자의 금속간 화합물은  $\text{CoSn}_2$ 일 수 있다.
- [0042] 상기 금속 입자는 상기 SnAg 페이스트 대비 10 내지 30 중량%의 Fe 입자일 수 있다.
- [0043] 상기 Fe 입자는 2 내지 5  $\mu\text{m}$ 의 크기를 가질 수 있다.
- [0044] 상기 금속 입자가 Fe인 경우 상기 Sn과 금속 입자의 금속간 화합물은  $\text{FeSn}_2$ 일 수 있다.
- [0045] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0046] 도 1은 본 발명의 일 실시예의 (a) SnAg 페이스트, (b) SnAg 페이스트와 Co 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재 및 (c) SnAg 페이스트와 Fe 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재의 주사 전자 현미경(SEM) 사진이다.
- [0047] 도 1과 같이, 본 발명의 일 실시예의 SiC 기반 모듈용 접합소재는 도 1의 (a)의 SnAg 합금 페이스트에 13 내지 17  $\mu\text{m}$  크기의 Co 입자를 상기 SnAg 페이스트 대비 5 내지 20 중량%를 혼합한 후 믹싱(Mixing)하는 것에 의해 도 1의 (b)의 SnAg 페이스트와 Co 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재로 제조될 수 있다.
- [0048] 또한, 도 1과 같이, 본 발명의 일 실시예의 SiC 기반 모듈용 접합소재는 도 1의 (a)의 SnAg 합금 페이스트에 2 내지 5  $\mu\text{m}$  크기의 Fe 입자를 상기 SnAg 페이스트 대비 10 내지 30 중량%를 혼합한 후 믹싱하는 것에 의해 도 1의 (c)의 SnAg 페이스트와 Fe 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재로 제조될 수 있다.
- [0049] 상기 SnAg 페이스트와 Co 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재 및 상기 SnAg 페이스트와 Fe 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재는 페이스트로 제조될 수 있다.
- [0050] 상기 SnAg 페이스트와 Co 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재는 기 설정된 분위기, 온도, 압력 및 처리 시간을 가지는 접합 공정에 의해  $\text{CoSn}_2$  금속간 화합물로 변화되어 SiC 모듈용 기판에 SiC 기반 소자를



접합시킨다.

- [0051] 상기 SnAg 페이스트와 Fe 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재는 기 설정된 분위기, 온도, 압력 및 처리 시간을 가지는 접합 공정에 의해  $FeSn_2$  금속간 화합물로 변화되어 SiC 모듈용 기판에 SiC 기반 소자를 접합시킨다.
- [0052] 도 2는 본 발명의 일 실시예의 SiC 기반 모듈용 접합소재 접합 방법의 처리과정을 나타내는 순서도이다.
- [0053] 도 2와 같이, 본 발명의 일 실시예의 SiC 기반 모듈용 접합소재 접합 방법은, SiC 기반 모듈용 접합소재 준비 단계(S10), 접합소재 도포 단계(S20), SiC 기반 소자 적층 단계(S30) 및 SiC 기반 소자 접합 단계(S40)을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0054] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재 준비 단계(S10)는 Sn과 상기 Sn 대비 2 내지 4 중량%의 Ag의 조성을 가지는 SnAg 합금 입자를 포함하는 SnAg 페이스트 및 상기 Sn보다 높은 용융점을 가지는 금속 입자를 상기 SnAg 페이스트 대비 5 내지 30 중량%를 혼합한 후 믹싱하여 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계일 수 있다.
- [0055] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재 준비 단계(S10)에서 준비되는 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재는 페이스트 상으로 준비될 수 있다.
- [0056] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재 준비 단계(S10)의 상기 금속 입자는, 상기 SnAg 페이스트 대비 5 내지 20 중량%의 Co 입자일 수 있다.
- [0057] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계(S10)의 상기 Co 입자는 13 내지 17  $\mu m$ 의 크기를 가질 수 있다.
- [0058] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계(S10)의 상기 금속 입자는, 상기 SnAg 페이스트 대비 10 내지 30 중량%의 Fe 입자일 수 있다.
- [0059] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 준비하는 단계(S10)의 상기 Fe 입자는 2 내지 5  $\mu m$ 의 크기를 가질 수 있다.
- [0060] 상기 접합소재 도포 단계(S20)는 상기 SiC 모듈용 기판에 페이스트 상의 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를 도포하는 단계일 수 있다. 이때, 도포되는 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재의 두께는 20 내지 40  $\mu m$ 일 수 있다.
- [0061] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재가 20  $\mu m$  미만으로 도포되는 경우, 원하는 접합력을 유지하지 못할 수 있다.
- [0062] 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재가 40  $\mu m$  이상으로 도포되는 경우, Sn과 금속 입자의 금속간 화합물의 형성에 많은 시간이 소요되거나, 완전하게 상변화가 일어나지 않을 수 있어 이 또한 접합력을 유지하지 못할 수 있다.
- [0063] 상기 SiC 기반 소자 적층 단계(S30)는 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재가 도포된 상기 SiC 모듈용 기판 면에 SiC 기반 소자를 적층하는 단계일 수 있다.
- [0064] 상기 SiC 기반 소자 접합 단계(S40)는 상기 금속 입자들별로 기 설정된 분위기 조건, 온도 및 압력으로 가열 및 가압하여 상기 SiC 모듈용 기판에 상기 SiC 기반 소자를 접합하는 단계일 수 있다.
- [0065] 도 3은 본 발명의 일 실시예의 (a) SnAg 페이스트와 Co 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재를 이용하여 SiC 기반 소자를 상기 SiC 모듈용 기판에 접합시키는 과정을 나타내는 도면 및 (b) SnAg 페이스트와 Fe 입자가 믹싱된 SiC 기반 모듈용 접합소재를 이용하여 SiC 기반 소자를 상기 SiC 모듈용 기판에 접합시키는 과정을 나타내는 도면이다.
- [0066] 구체적으로, 도 3의 (a)와 같이, 상기 금속 입자가 13 내지 17  $\mu m$  크기를 가지는 상기 SnAg(Sn-3.5Ag) 페이스트 대비 5 내지 20 중량%의 Co 입자인 경우, 상기 SiC 기반 소자 접합 단계(S40)는, 다이접합장치를 이용하여 상기 SiC 기반 소자가 적층된 SiC 모듈용 기판을 250 내지 350 $^{\circ}C$  범위 온도에서, 9 내지 11 Mpa의 압력으로, 1 내지 3 시간 가열 및 가압하여, 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를  $CoSn_2$  금속간 화합물로 상 변화시켜 상기 SiC 기반 소자를 상기 SiC 모듈용 기판에 접합시키는 것일 수 있다.
- [0067] 도 3의 (b)와 같이, 상기 금속 입자가 2 내지 5  $\mu m$ 의 크기를 가지는 상기 SnAg(Sn-3.5Ag) 페이스트 대비 10 내지 30 중량%의 Fe 입자인 경우, 상기 SiC 기반 소자 접합 단계(S40)는, 상기 SiC 기반 소자가 적층된 SiC 모듈용 기판을 진공 분위기에서 230 내지 270 $^{\circ}C$  범위 온도에서 1 내지 3분 동안 1차 열처리를 수행한 후, 다이접합장치를 이용하여 상기 SiC 기반 소자가 적층된 SiC 모듈용 기판을 250 내지 350 $^{\circ}C$  범위 온도에서, 2 내지 4 Mpa의 압력으로, 1 내지 3 시간 가열 및 가압하여, 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를  $FeSn_2$  금속간 화합물로 상 변화시켜 상기 SiC 기반 소자를 상기 SiC 모듈용 기판에 접합시키는 것일 수 있다.

- [0068] 상술한 상기 SiC 기반 소자 접합 단계(S40)의 입자별 분위기, 온도, 시간 및 압력 접합 공정 조건을 벗어나는 경우,  $\text{CoSn}_2$  또는  $\text{FeSn}_2$  금속간 화합물 이외의 다른 상으로 금속간 화합물의 상 변화가 일어나거나, Sn이 완전히 고용되지 않고 잔류되어 접합 부위의 결함으로 작용할 수 있다.
- [0070] 이하, 본 발명의 실험예를 설명한다.
- [0071] 본 발명의 실험예들에서는 실험의 편의상 실제의 SiC 칩을 대체하여 Cu 칩(30)을 적용하여 실험을 수행하였다.
- [0073] - 이하 -
- [0075] <실험예>
- [0076] 도 4는 본 발명의 실험예의 시편을 제작하는 과정을 나타내는 도면이다.
- [0077] 도 4와 같이, 두께 10 X 10 X 1.1(mm) 크기의 ENIG(Electroless Nickel immersion Gold, 무전해 니켈 금 도금) 표면처리에 의해 표면에 ENIG 표면처리 금속(11)이 형성된 6 개의 DBC(Direct Bonding Copper) 기판(10) 중 3 개의 DBC 기판(10) 위에 스크린 프린팅을 통해 30 $\mu\text{m}$  두께로 Sn-3.5Ag 페이스트와 10중량%의 Co 입자가 믹싱된 페이스트 상의 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합소재를 도포하고, 3개의 DBC 기판(10) 위에 Sn-3.5Ag 페이스트와 15 중량%의 Fe 입자가 믹싱된 페이스트 상의 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합소재를 각각 도포하여 접합소재 층(20)을 형성하였다. 상기 DBC(Direct Bonding Copper) 기판(10)은 SiC 모듈용 기판 중 하나이며 이러한 기판은  $\text{Al}_2\text{O}_3$  또는 AlN 세라믹 코어의 상하부에 Cu 또는 Al 금속층이 코팅된 구조로 이루어져 있다.
- [0078] 다음으로, 각각의 접합소재 층(20)이 형성된 6개의 DBC 기판(10) 상에 Au/Ni(P) 표면처리된 3 X 3 X 1(mm) 크기의 Cu 칩(30)을 적층하였다.
- [0079] 이 후, SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합소재가 도포되어 Cu 칩(30)이 적층된 3개의 DBC 기판(10) 각각을, 도 3의 (a)와 같이, 다이접합장치를 이용하여 300 $^{\circ}\text{C}$ 에서, 10 Mpa의 압력으로, 1 시간(실험예 1), 2시간(실험예 2), 3시간(실험예 3) 가열 및 가압하여, 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를  $\text{CoSn}_2$  금속간 화합물로 상 변화시켜 상기 Cu 칩(30)을 상기 DBC 기판(10)에 접합시켜 Co 함유 SiC 기반 모듈용 접합소재에 의해 접합이 수행된 3개의 시편(실험예 1 내지 3)을 제작하였다.
- [0080] 그리고 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합소재가 도포되어 Cu 칩(30)이 적층된 3개의 DBC 기판(10) 각각을, 도 3의 (b)와 같이, 진공 분위기에서 250 $^{\circ}\text{C}$ 에서 1분 동안 1차 열처리를 수행한 후, 다이접합장치를 이용하여 상기 Cu 칩(30)이 적층된 DBC 기판(10)을 300 $^{\circ}\text{C}$  온도에서, 3 Mpa의 압력으로, 1 시간(실험예 4), 2 시간(실험예 5) 및 3 시간(실험예 6) 가열 및 가압하여, 상기 SiC 기반 모듈용 접합소재를  $\text{FeSn}_2$  금속간 화합물로 상 변화시켜 상기 SiC 기반 소자를 상기 SiC 모듈용 기판에 접합시켜 Fe 함유 SiC 기반 모듈용 접합소재에 의해 접합이 수행된 3개의 시편(실험예 4 내지 6)을 제작하였다.
- [0081] 이후, 제작된 6개의 시편에 대하여 주사전자현미경(SEM), EDX(Energy dispersive X-ray spectroscopy, 에너지 분산 x선 분광), EPMA(Electron Probe Micro Analysis, 전자 탐침 미세분석) 등의 분석을 수행하였다.
- [0082] 도 5는 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 접합된 실험예 1 내지 3의 접합부 미세조직 분석 결과를 나타내는 SEM 사진이다.
- [0083] 도 5와 같이, 실험예 1 내지 3의 접합부 미세조직 관찰 결과, 형성되는 금속간 화합물은  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{Sn}_2$ ,  $\text{Ni}_3\text{Sn}_4$ ,  $\text{Ag}_3\text{Sn}$ 으로 확인되었다.
- [0084] 1시간 가압 및 가열 처리를 수행한 실험예 1의 시편의 경우 잔여 Sn이 금속간 화합물 사이에 존재하였고, 예칭 후 Sn이 존재하는 영역 사이 사이에 균열이 관찰되었다.
- [0085] 2시간 및 3시간 가열 및 가압을 수행한 실험예 2 및 실험예 3의 시편의 경우 Sn 영역은 관찰되지 않았다.
- [0086] 도 6은 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된

실험예 2의 EDX 분석 결과를 나타내는 도면이다.

- [0087] 스펙트럼 13(a) 및 스펙트럼 14(b) 모두에서 Co(25.90 및 24.98 Atomic%), Ni 및 Sn(68.75 및 69.30 Atomic%)을 포함하는 것을 확인하였다.
- [0088] 도 7은 Sn-Co의 함량별 상변화를 나타내는 그래프이다.
- [0089] 도 7의 그래프에 도 6의 분석 결과를 적용한 경우 원으로 표시된 영역과 같이 형성된 금속간 화합물은  $\text{CoSn}_2$ 인 것을 확인할 수 있었다.
- [0090] 도 8은 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 1시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 1의 라인 스캔(Line scan), 매핑(mapping) 결과를 나타내는 도면이다.
- [0091] 도 8과 같이, 표면처리 금속 Ni 층 계면에서 Ni-Sn이 반응하여  $\text{Ni}_3\text{Sn}_4$  금속간 화합물이 형성되었다.
- [0092] Ni 계면을 제외하고 형성된 금속간 화합물은  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{Sn}_2$ 로 형성되는 것을 확인하였다.
- [0093] 도 9는 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 1시간, 2시간 및 3시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 1 내지 3의 전단 시험 결과를 나타내는 도면이다.
- [0094] 도 9의 (a)와 같이, 접합 공정 수행 시간별 실험예 1 내지 3 각각의 접합 강도는 33Mpa, 29Mpa, 25Mpa로 측정되었다. 약 4Mpa로 그 차이는 미미하였다.
- [0095] 도 9의 (b) 및 (c)는 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 2에 전단력을 가한 후의 전단 파괴 면의 SEM 사진이다.
- [0096] 도 9의 (b) 및 (c)와 같이, 파괴면 관찰 결과 균열은  $\text{Ni}_3\text{Sn}_4$ 와  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{Sn}_2$  금속간 화합물의 경계면에서 시작되어 사이 사이의 공극을 따라 진행되었다.
- [0097] 도 10은 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 2의 균열 진행 라인 스캔(Line Scan) 분석 결과를 나타내는 도면이다. 도 11은 10 중량%의 Co가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Co 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험예 2의 전단 파괴 면에서의 SEM 사진 및 포인트 EDX(point EDX) 분석 결과를 나타내는 도면이다.
- [0098] 도 10 및 11과 같이, 균열은  $\text{Ni}_3\text{Sn}_4$  금속간 화합물(spectrum 23)과  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{Sn}_2$  금속간 화합물(spectrum 22) 경계면에서 진행되었음을 확인할 수 있었다.
- [0099] 도 12는 실험예 1 내지 3의 접합부 전단 파괴 단면의 XRD 분석 그래프이다.
- [0100] 도 12와 같이, EDX로 분석한 결과와 동일하게  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{Sn}_2$ ,  $\text{Ni}_3\text{Sn}_4$  금속간 화합물이 검출되었다. 접합 시간별 시편들의 다른 금속간 화합물 상은 검출되지 않았다.  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{Sn}_2$ ,  $\text{Ni}_3\text{Sn}_4$  금속간 화합물의 피크가 접합 공정 시간에 따라 강한 강도를 나타내는 것을 확인하였다.
- [0101] 도 13은 실험예 1 내지 3의 접합 강도 및 조성 변화를 나타내는 도면이다.
- [0102] 도 13과 같이, 실험예 1의 시편에서는 미세 공극이 존재하나 잔여 Sn이 금속간 화합물 사이 사이에 존재하여 접합 강도가 높게 측정되었다. 시간이 지남에 따라  $\text{Ni}_3\text{Sn}_4$  금속간 산화물의 성장과 Sn의 소비에 따른 공극의 크기 증가에 따라 접합 강도가 감소하는 것을 확인하였다.
- [0103] 도 14는 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 의해 접합된 실험예 4 내지 실험예 6의 접합부 미세조직 분석 결과를 나타내는 SEM 사진이다.
- [0104] 도 14와 같이, 실험예 4 내지 6의 경우 Co 입자 첨가와 비교하여 큰 공극이 관찰되었다. 형성된 접합부에도 작은 공극이 관찰되었다.
- [0105] 실험예 4 내지 6의 접합부 미세조직 관찰 결과, 형성되는 금속간 화합물은  $\text{FeSn}_2$ ,  $\text{Ni}_3\text{Sn}_4$ ,  $\text{Ag}_3\text{Sn}$ 으로 확인되었다.
- [0106] 1시간 가압 및 가열 처리를 수행한 실험예 4의 시편의 경우 잔여 Fe 입자가  $\text{FeSn}_2$  금속간 화합물 사이에 존재하

였다.

- [0107] 2시간 및 3시간 가열 및 가압을 수행한 실험에 5 및 실험에 6의 시편의 경우 Sn 영역은 관찰되지 않았다.
- [0108] 도 15는 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 의해 1시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험에 4의 EDX 분석 결과를 나타내는 도면이다.
- [0109] 스펙트럼 2(a) 및 스펙트럼 3(b) 모두에서 Fe(30.96 및 31.06 Atomic%), Ni 및 Sn(65.24 및 67.46 Atomic%)을 포함하는 것을 확인하였다.
- [0110] 도 16은 Sn-Fe의 함량별 상변화를 나타내는 그래프이다.
- [0111] 도 16의 그래프에 도 15의 분석 결과를 적용한 경우 원으로 표시된 영역과 같이 형성된 금속간 화합물은  $FeSn_2$  인 것을 확인할 수 있었다.
- [0112] 도 17은 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험에 5의 라인 스캔(Line scan), 매핑(mapping) 결과를 나타내는 도면이다.
- [0113] 도 17과 같이, 표면처리 금속 Ni 층 계면에서 Ni-Sn이 반응하여  $Ni_3Sn_4$  금속간 화합물이 형성되었다. Ni 계면을 제외하고 형성된 금속간 화합물은  $FeSn_2$ 로 형성되는 것을 확인하였다. Fe-Sn 금속간 화합물 사사 사이에 Sn-Ag 반응 금속간 화합물인  $Ag_3Sn$ 이 관찰되었다.
- [0114] 도 18은 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 의해 1시간, 2시간 및 3시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험에 4 내지 6의 전단 시험 결과를 나타내는 도면이다.
- [0115] 도 18의 (a)와 같이, 접합 공정 수행 시간별 실험에 4 내지 6 각각의 접합 강도는 21Mpa, 25Mpa, 27Mpa로 측정되었다. 약 2Mpa로 그 차이는 미미하였다.
- [0116] 도 18의 (b) 및 (c)는 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험에 5에 전단력을 가한 후의 전단파괴 면의 SEM 사진이다.
- [0117] 도 18의 (b) 및 (c)와 같이, 파단면 관찰 결과 균열은  $Ni_3Sn_4$ 와  $FeSn_2$  금속간 화합물의 경계면에서 시작되어 사이 사이의 공극을 따라 진행되었다.
- [0118] 도 19는 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 의해 2시간 가열 및 가압에 의해 접합된 실험에 5의 균열 진행 라인 스캔(Line Scan) 분석 결과를 나타내는 도면이다.
- [0119] 도 20은 15 중량%의 Fe가 혼합된 SiC 기반 모듈용 Fe 함유 접합 소재에 5의 포인트 EDX(point EDX) 분석 결과를 나타내는 도면이다.
- [0120] 도 19 및 20과 같이, 균열은  $Ni_3Sn_4$  금속간 화합물(spectrum 7)과  $FeSn_2$  금속간 화합물(spectrum 10) 경계면에서 진행되었음을 확인할 수 있었다.
- [0121] 도 21는 실험에 4 내지 6의 접합부 전단 파괴 단면의 XRD 분석 그래프이다.
- [0122] 도 21과 같이, EDX로 분석한 결과와 동일하게  $FeSn_2$ ,  $Ni_3Sn_4$  금속간 화합물이 검출되었다. 접합 시간별 시편들의 다른 금속간 화합물 상은 검출되지 않았다.  $FeSn_2$ ,  $Ni_3Sn_4$  금속간 화합물의 피크가 접합 공정 시간에 따라 강한 강도를 나타내는 것을 확인하였다.  $Cu_6Sn_5$  피크는 Cu 칩(30)의 접촉면만 표면처리 되어 있어서, 옆면의 Cu 층과 Sn이 직접적으로 만나 형성되었다.
- [0123] 도 22는 실험에 4 내지 6의 접합 강도 및 조성 변화를 나타내는 도면이다.
- [0124] 도 22와 같이, 실험에 4의 시편에서는 시간이 지남에 따라 공극은 작아지는 경향을 보였으며, 이에 의해 접합 강도가 커지는 것을 확인하였다.
- [0125] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로

지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

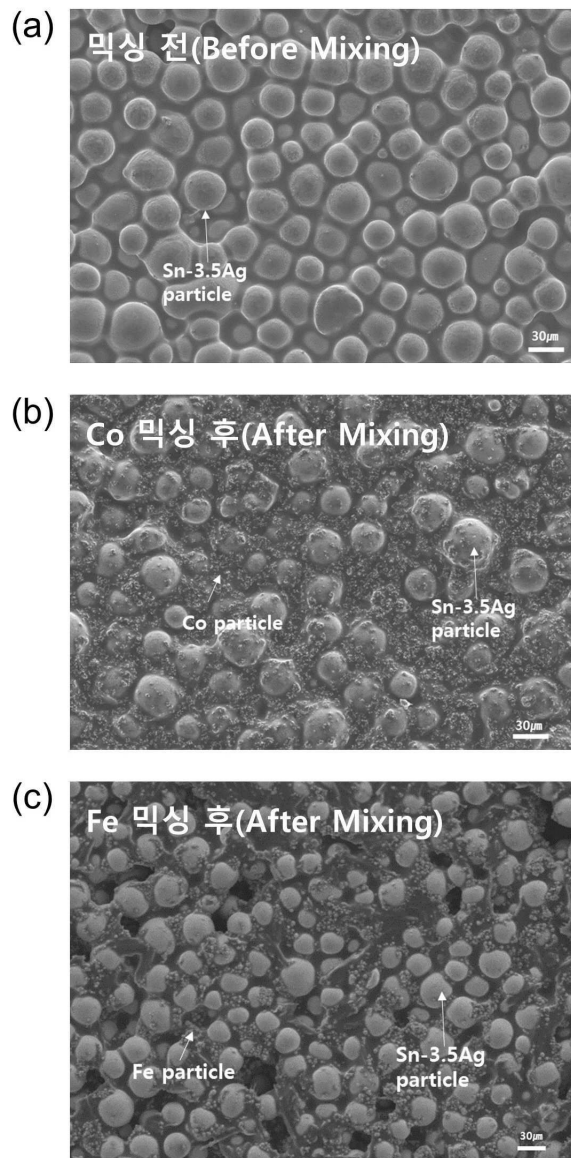
[0126] 본 발명의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

**부호의 설명**

- [0127] 10: DBC(Direct Bonding Copper) 기판  
 11: ENIG 표면처리 금속  
 20: 접합소재 층  
 30: Cu 칩  
 31: Au/Ni(P) 표면처리 금속

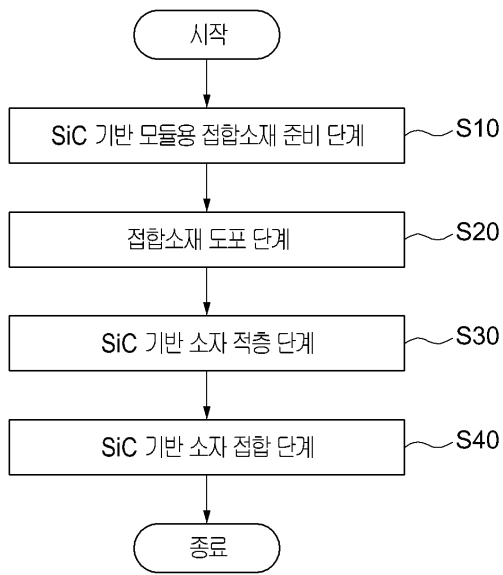
**도면**

**도면1**

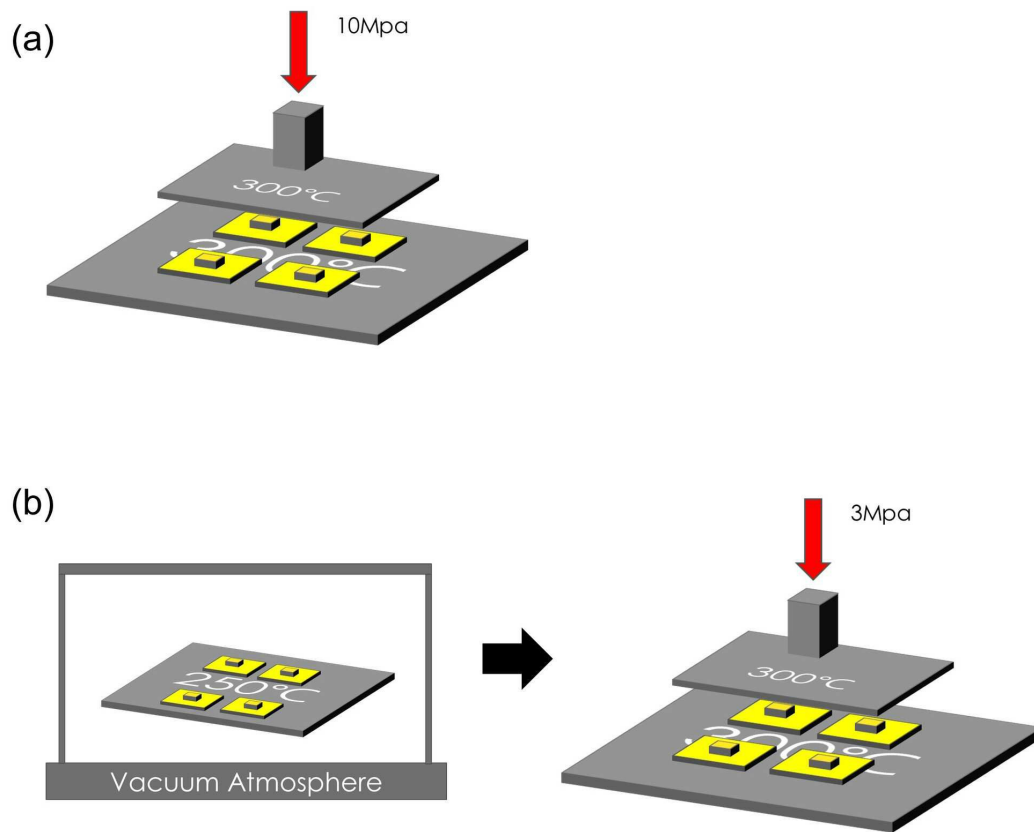




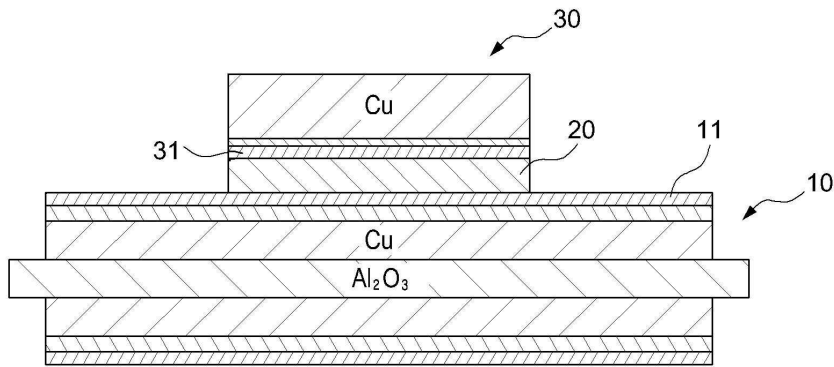
도면2



도면3



도면4

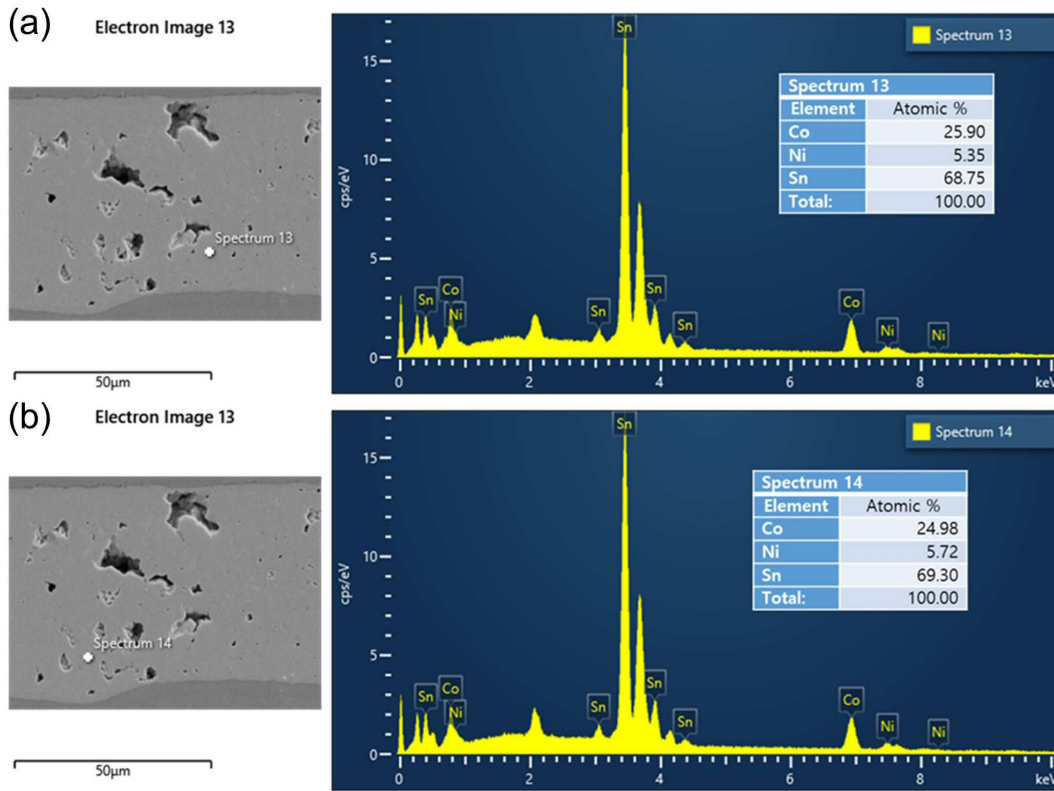


도면5

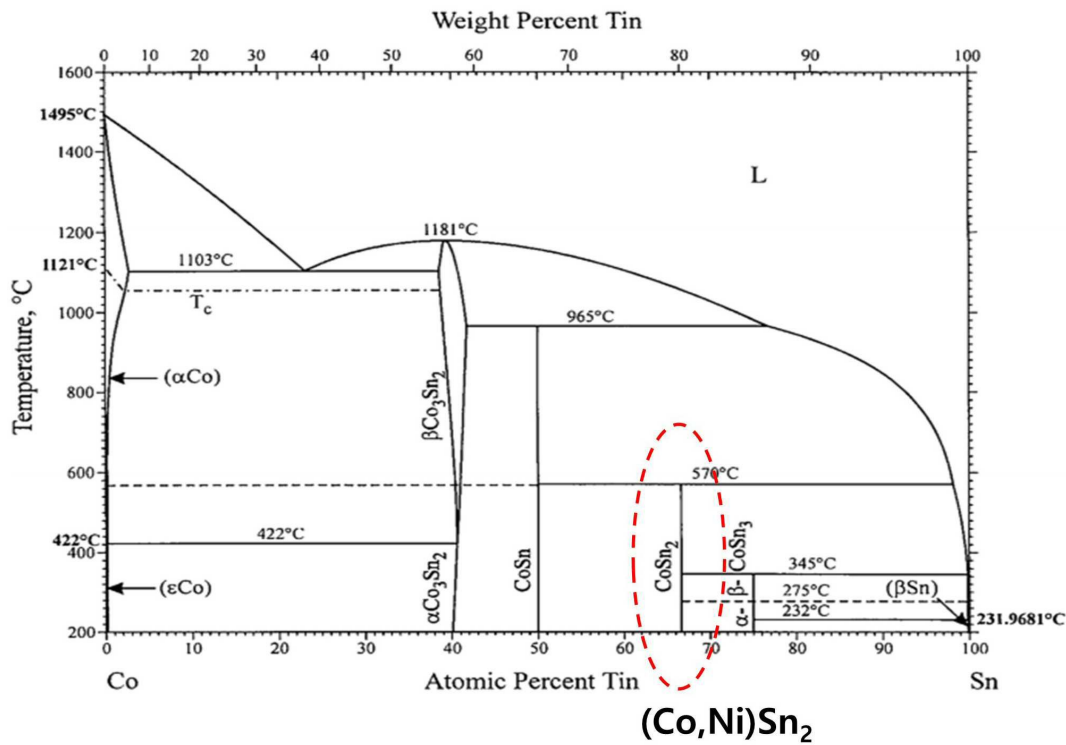
Sn-3.5Ag + Co(10중량%) paste			
<p>실험예1 (1hr)</p>			
<p>실험예2 (2hr)</p>			
<p>실험예3 (3hr)</p>			



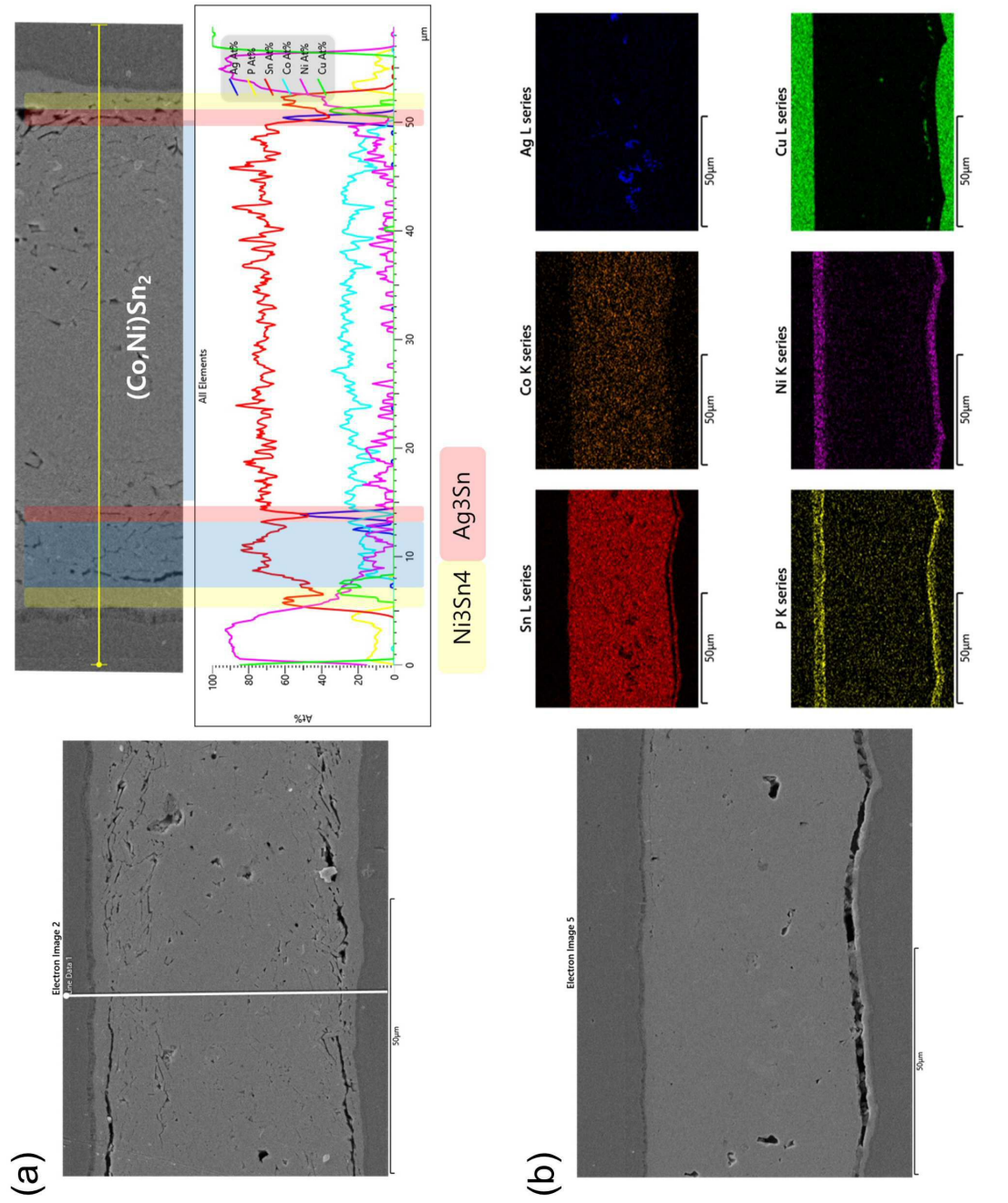
도면6



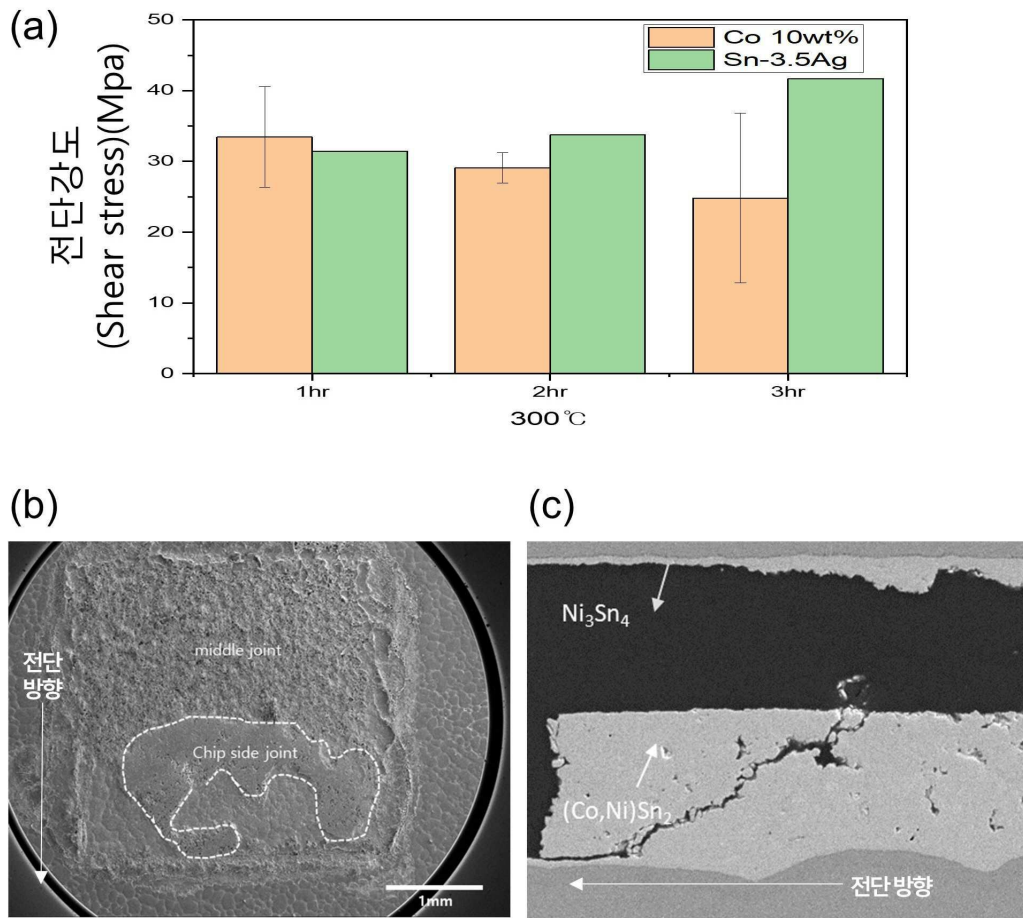
도면7



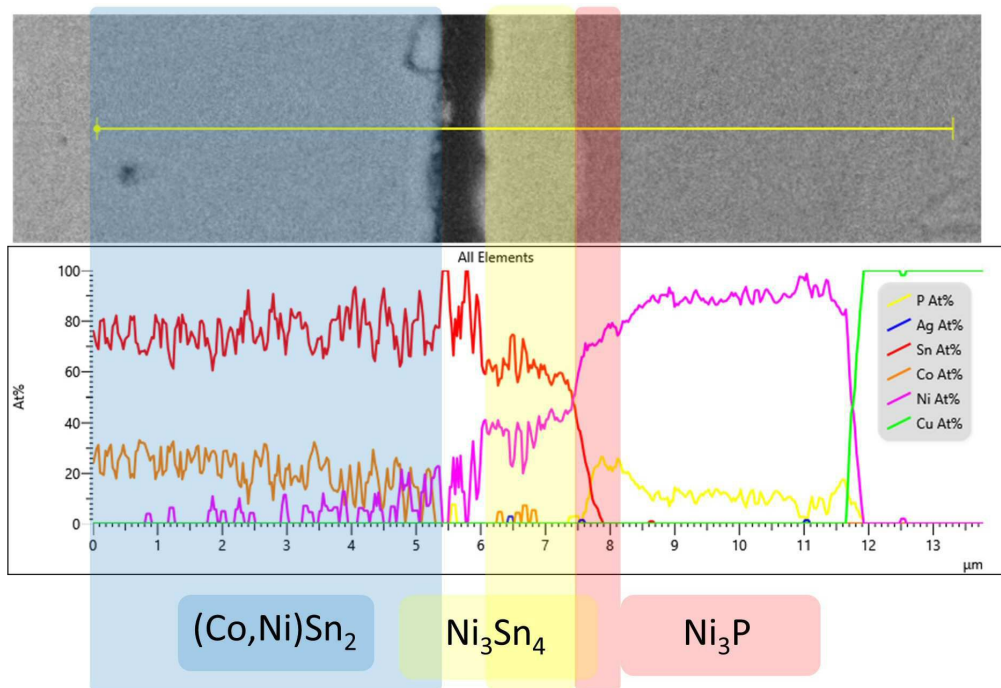
도면8



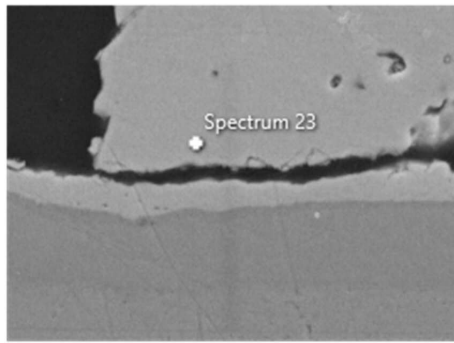
도면9



도면10

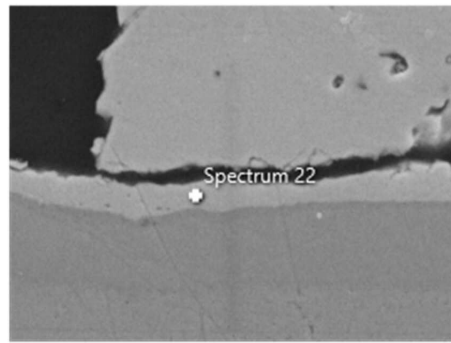


도면11



5µm

Spectrum 23	
Element	Atomic %
Co	21.33
Ni	10.50
Sn	68.86
Total:	100.00

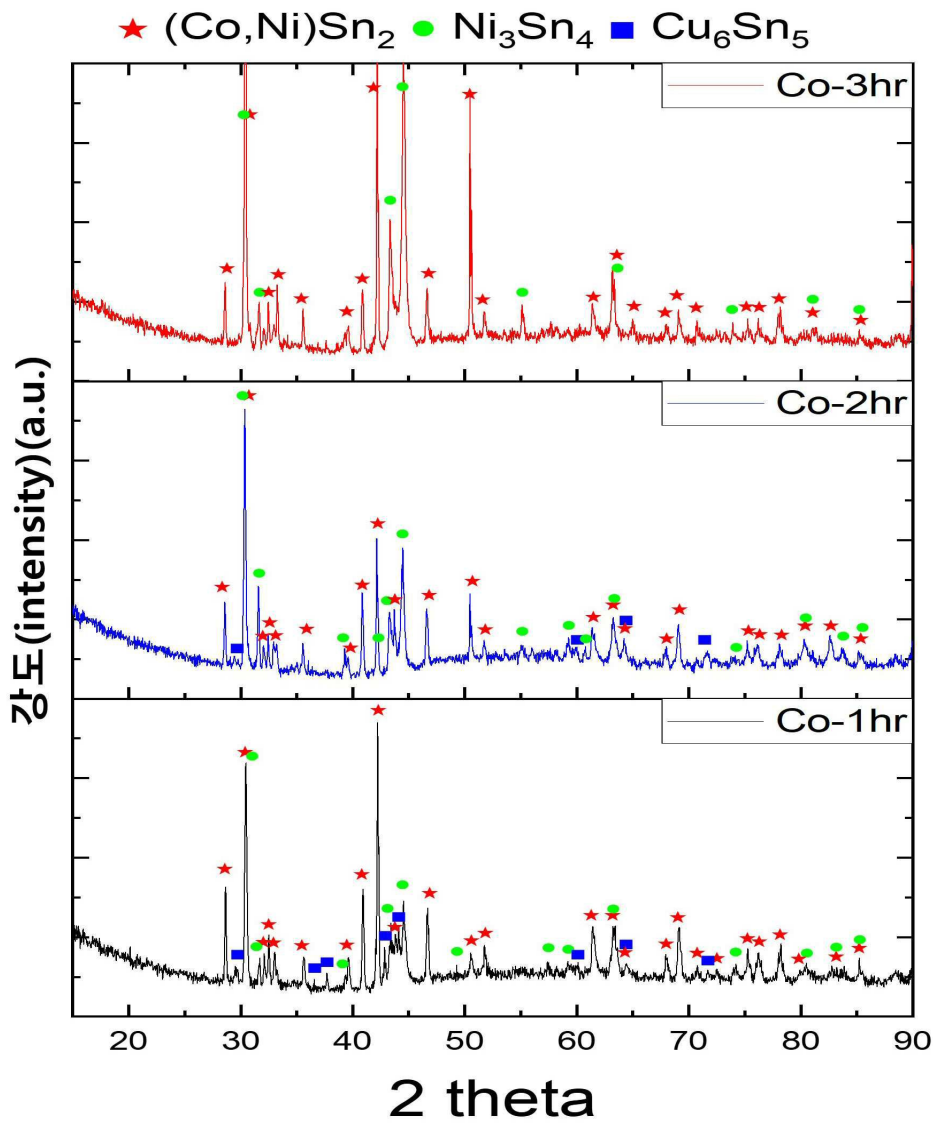


5µm

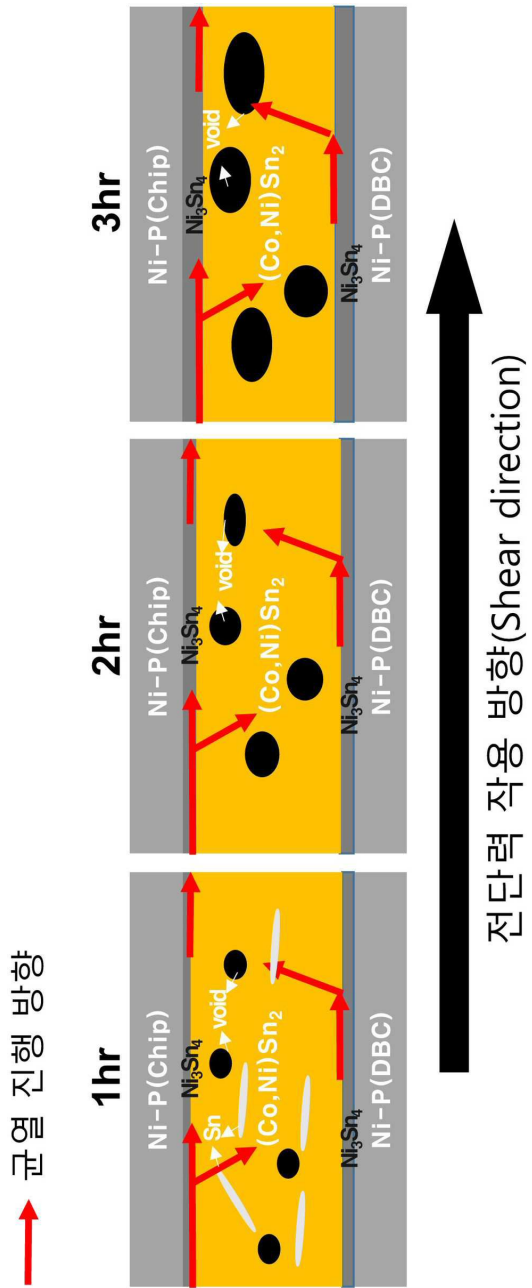
Spectrum 22	
Element	Atomic %
Co	7.32
Ni	31.82
Cu	4.92
Sn	55.94
Total:	100.00



도면12

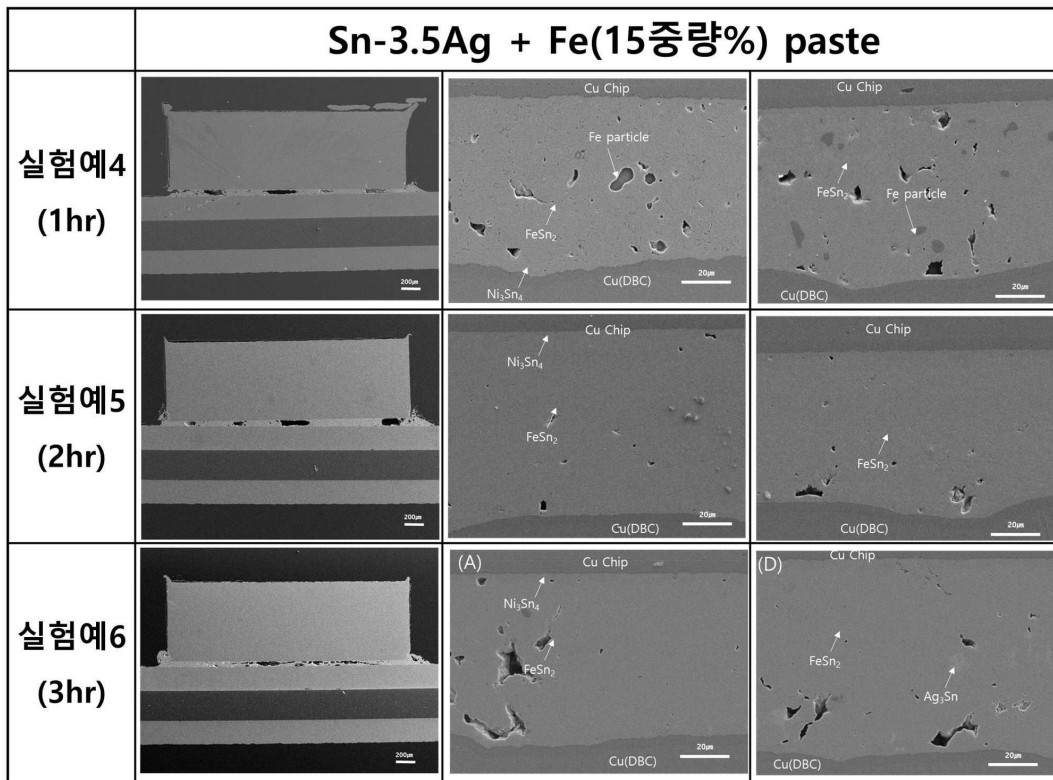


도면13

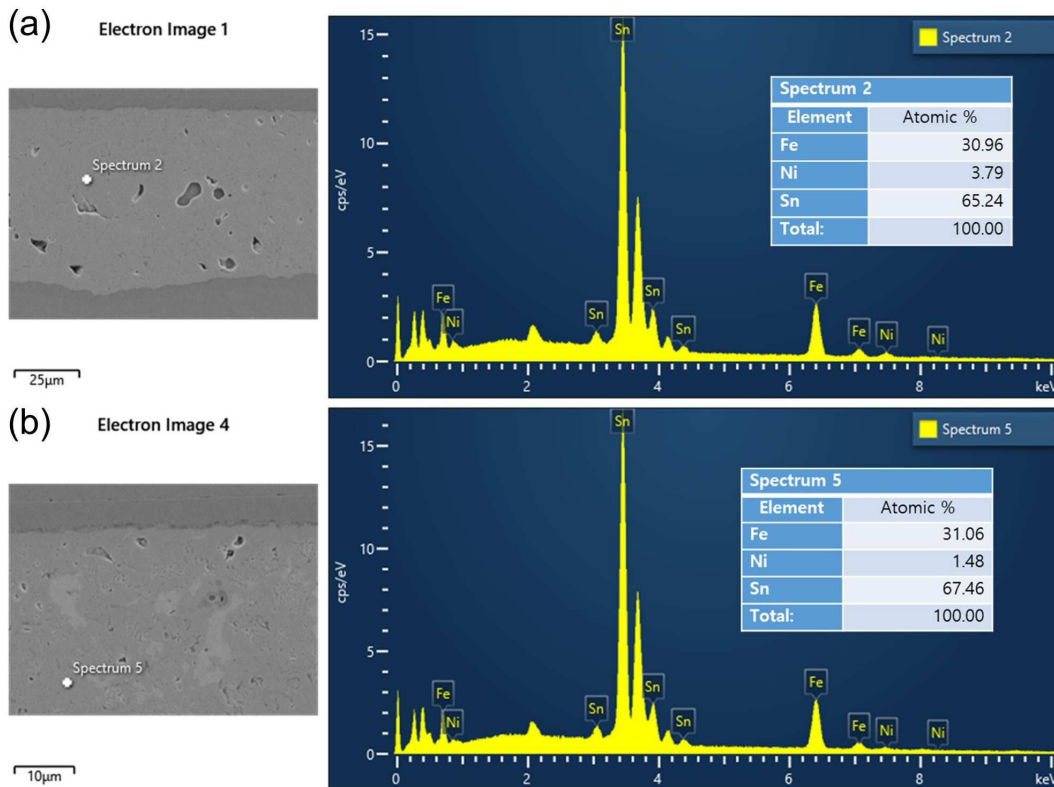




도면14

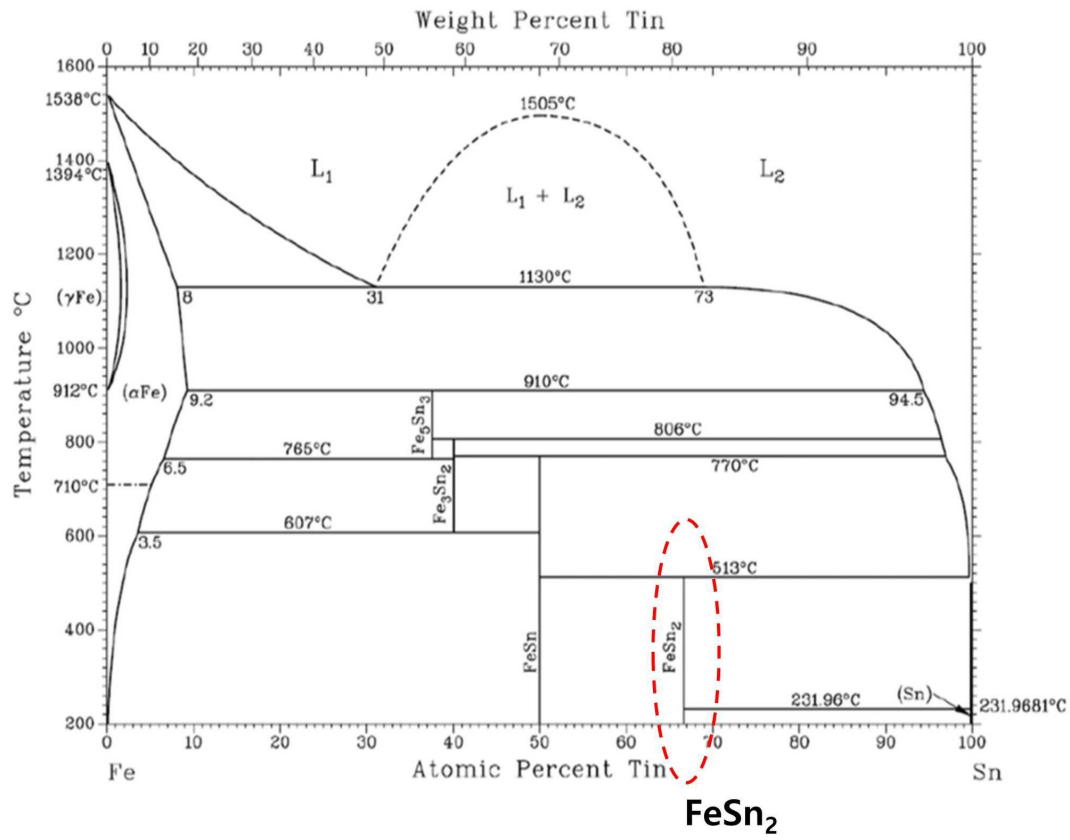


도면15

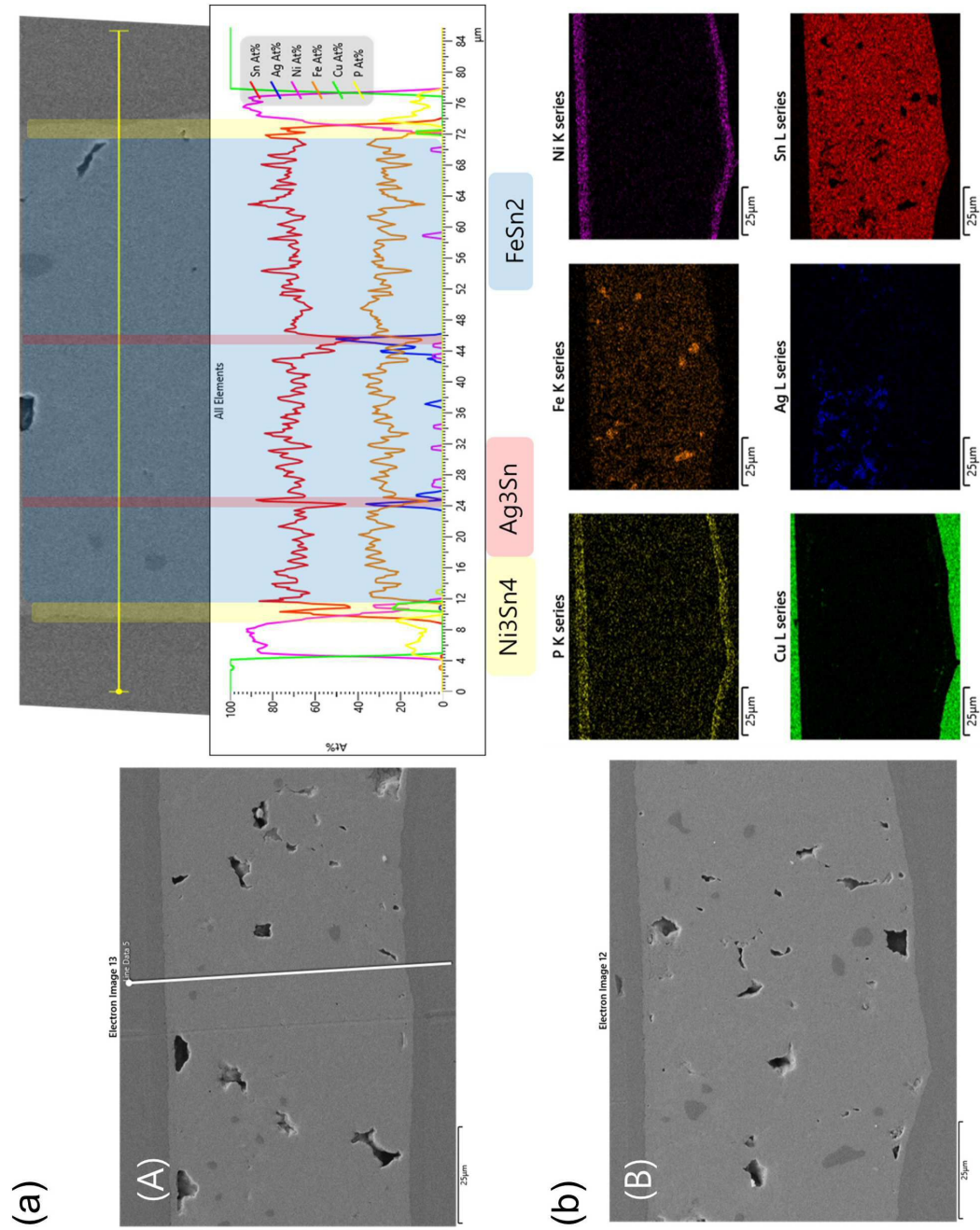




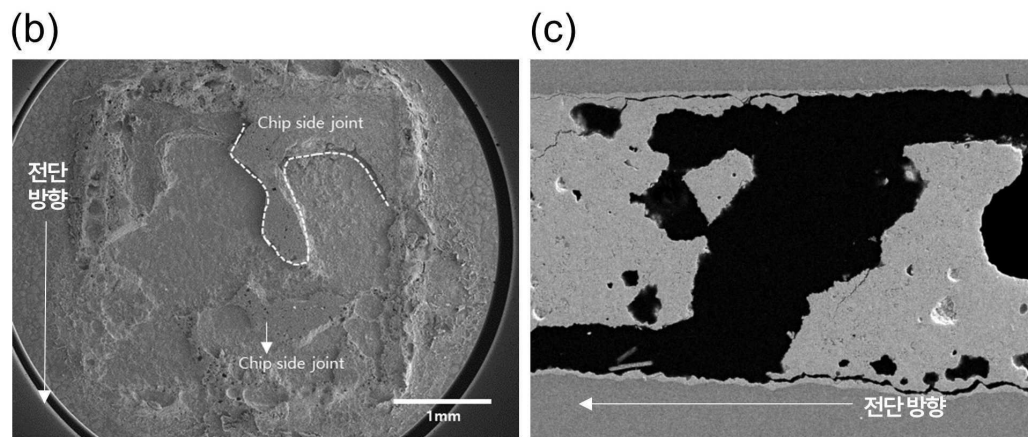
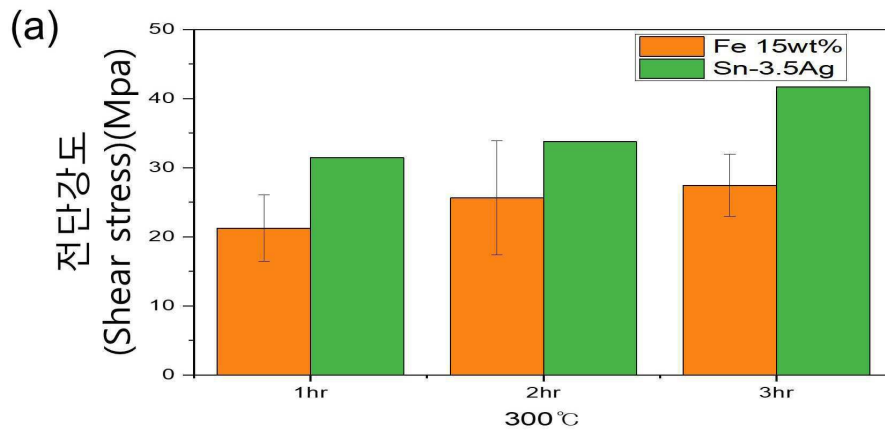
도면16



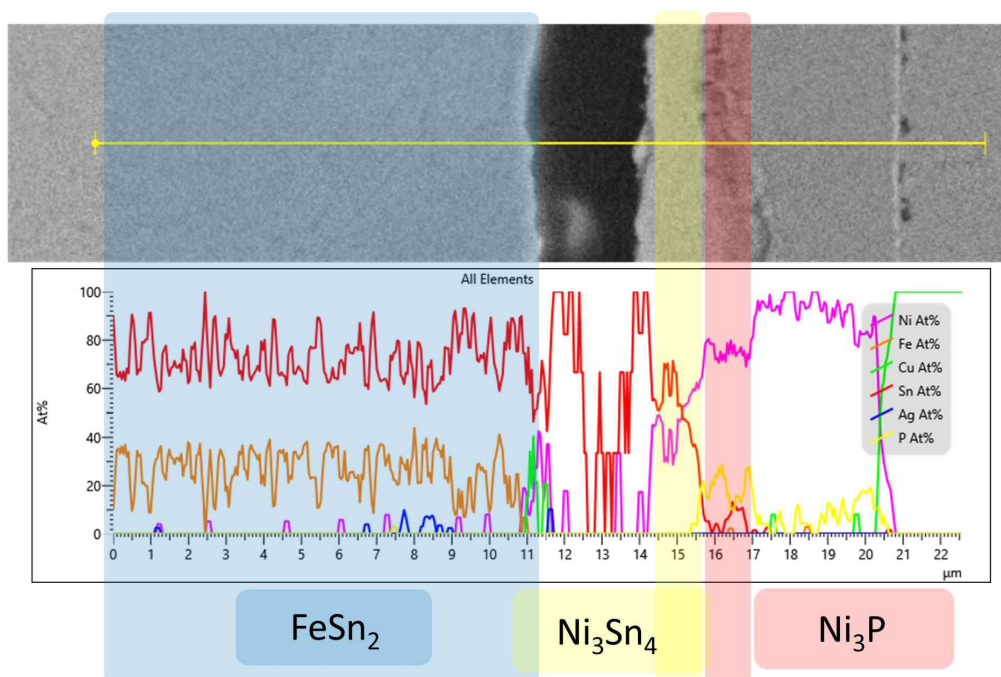
도면17



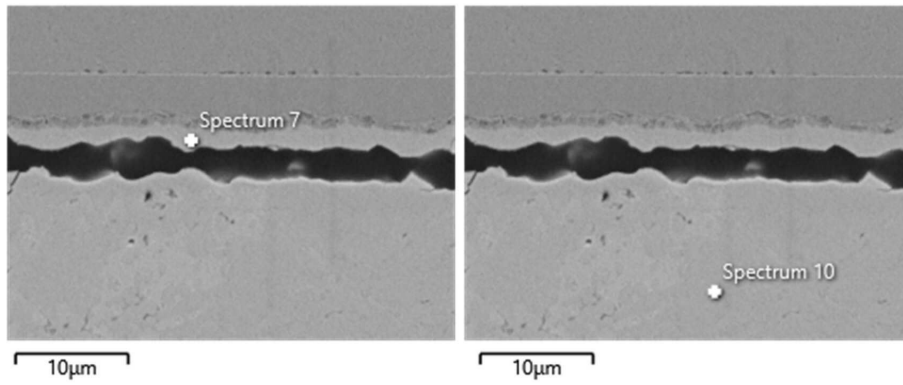
도면18



도면19



도면20



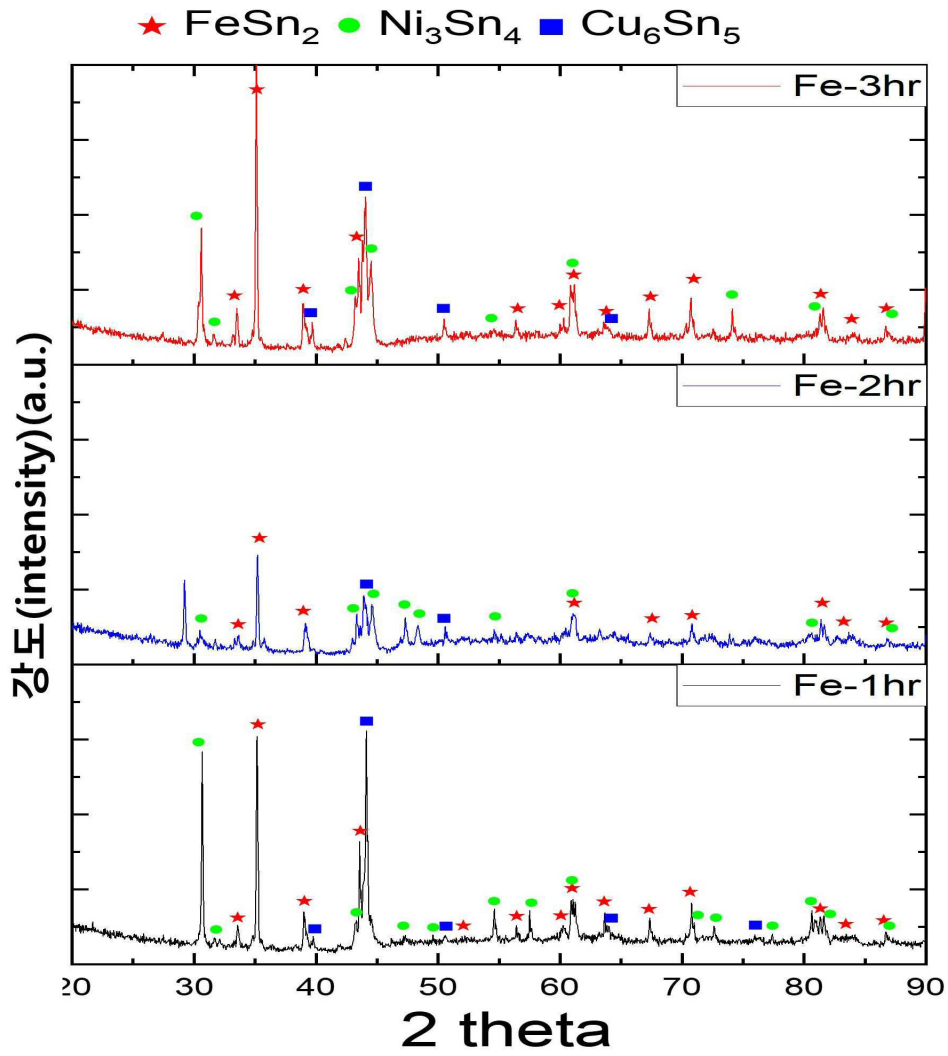
Spectrum 7	
Element	Atomic %
Fe	2.06
Ni	36.62
Cu	4.86
Sn	56.45
Total:	100.00



Spectrum 10	
Element	Atomic %
Fe	33.06
Ni	2.77
Sn	64.17
Total:	100.00



도면21



도면22

