(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년07월19일
(11) 등록번호 10-1640691
(24) 등록일자 2016년07월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 13/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0195027
(22) 출원일자 2014년12월31일
심사청구일자 2014년12월31일
(65) 공개번호 10-2016-0083469
(43) 공개일자 2016년07월12일
(56) 선행기술조사문헌
JP2014196549 A
KR100726854 B1
KR100320317 B1

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
김기범
서울특별시 강남구 언주로130길 30 102동 1102호 (논현동,동양파라곤)
조우리
서울특별시 중랑구 양원역로 37 7동 412호 (망우동,경남아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 26 항 심사관 : 윤여분

(54) 발명의 명칭 **기계적 특성이 향상된 Sn계 합금**

(57) 요 약

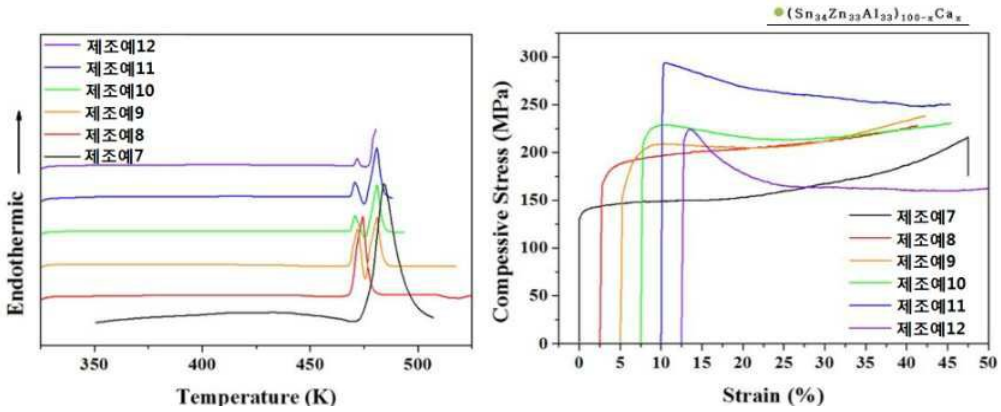
기계적 특성이 향상된 Sn계 합금을 제공한다. Sn계 합금은 하기 화학식 1로 나타내어지는 조성을 갖는 합금이다.

[화학식 1]

$(Sn_aM^1_bM^2_c)_{100-x}A_x$ (a+b+c=100, $30 \leq a \leq 40$, $30 \leq b \leq 40$, $30 \leq c \leq 40$, $0 \leq x \leq 10$)

상기 화학식 1에서, 상기 M^1과 상기 M^2는 서로 다른 금속이고, 상기 M^1 또는 상기 M^2는 Al의 융점과 같거나 이보다 낮은 융점을 갖는 금속이다. 또한, 상기 A는 Ca 또는 미시메탈(Misch metal)이다.

대 표 도 - 도4



(72) 발명자

박혜진

경기도 남양주시 경춘로 377 101동 3203호 (도농동,마제스타워)

김정태

서울특별시 송파구 성내천로21길 12 102동 1006호 (마천동,신동아아파트)

홍성환

대전광역시 중구 천근로69번길 114 1310호 (문화동,계룡아파트)

명 세 서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 1로 나타내어지는 조성을 갖는 합금으로,

[화학식 1]

$(Sn_aM^1_bM^2_c)_{100-x}A_x$ (a+b+c=100, 30≤a≤40, 30≤b≤40, 30≤c≤40, 0<x≤10)

상기 화학식 1에서, 상기 M^1과 상기 M^2는 서로 다른 금속이고, 상기 M^1 또는 상기 M^2는 Al의 융점과 같거나 이보다 낮은 융점을 갖는 금속이며,

상기 A는 Ca 또는 미시메탈(Misch metal)인 Sn계 합금.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 화학식 1에서, 상기 a, 상기 b, 및 상기 c는 33≤a≤34, 33≤b≤34, 및 33≤c≤34을 각각 만족하는 Sn계 합금.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 M^1 또는 상기 M^2은 Al, Mg, Zn, Pb, In 및 Bi로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속인 Sn계 합금.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 미시메탈은 디디늄계미시메탈(Didymium misch metal), 란타늄계 미시메탈 및 세륨계 미시메탈(Ce-richmisch metal)로 이루어진 군으로부터 선택되는 미시메탈인 Sn계 합금.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 M^1은 Mg이고, 상기 M^2은 Al인 Sn계 합금.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 a는 34이고, 상기 b는 33이고, 상기 c는 33인 Sn계 합금.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 A는 Ca인 Sn계 합금.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 Sn계 합금은 $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{98}Ca_2$, $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{96}Ca_4$, $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{94}Ca_6$, $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{92}Ca_8$, 및 $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{90}Ca_{10}$로 이루어진 군으로부터 선택되는 Sn계 합금.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 x는 $2 \leq x \leq 6$을 만족하는 Sn계 합금.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 M^1은 Mg이고, 상기 M^2은 Zn인 Sn계 합금.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 a는 34이고, 상기 b는 33이고, 상기 c는 33인 Sn계 합금.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 A는 Ca인 Sn계 합금.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 Sn계 합금은 $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{98}Ca_2$, $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{96}Ca_4$, $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{94}Ca_6$, $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{92}Ca_8$, 및 $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{90}Ca_{10}$로 이루어진 군으로부터 선택되는 합금인 Sn계 합금.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 M^1은 Zn이고, 상기 M^2은 Al인 Sn계 합금.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 a는 34이고, 상기 b는 33이고, 상기 c는 33인 Sn계 합금.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 A는 Ca인 Sn계 합금.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 Sn계 합금은 $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{98}Ca_2$, $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{96}Ca_4$, $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{94}Ca_6$, $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{92}Ca_8$, 및 $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{90}Ca_{10}$로 이루어진 군으로부터 선택되는 합금인 Sn계 합금.

청구항 19

하기 화학식 2로 나타내어지는 조성을 갖는 합금으로,

[화학식 2]

$Sn_aM^1_bM^2_c$ (a+b+c=100, 30≤a≤40, 30≤b≤40, 30≤c≤40)

상기 화학식 2에서, 상기 M^1과 상기 M^2는 서로 다른 금속이고, 상기 M^1 또는 상기 M^2는 Al의 융점과 같거나 이보다 낮은 융점을 갖는 금속인 Sn계 합금.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 화학식 2에서, 상기 a, 상기 b, 및 상기 c는 33≤a≤34, 33≤b≤34, 및 33≤c≤34을 각각 만족하는 Sn계 합금.

청구항 21

제19항에 있어서,

상기 M^1 또는 상기 M^2은 Al, Mg, Zn, Pb, In 및 Bi로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속인 Sn계 합금.

청구항 22

제19항에 있어서,

상기 M^1은 Mg이고, 상기 M^2은 Al인 Sn계 합금.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 Sn계 합금은 $Sn_{34}Mg_{33}Al_{33}$인 Sn계 합금.

청구항 24

제19항에 있어서,

상기 M^1은 Mg이고, 상기 M^2은 Zn인 Sn계 합금.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 Sn계 합금은 $Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33}$인 Sn계 합금.

청구항 26

제19항에 있어서,

상기 M^1은 Zn이고, 상기 M^2은 Al인 Sn계 합금.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 Sn계 합금은 $Sn_{34}Zn_{33}Al_{33}$인 Sn계 합금.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 Sn계 합금에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 기계적 특성이 향상된 Sn계 합금에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 금속합금은 금속의 성질을 개선하기 위하여 다른 원소를 한 가지 이상 첨가하여 만든 금속이다. 첨가하는 원소는 금속 원소, 비금속 원소, 기체 원소 등 여러 가지 형태이다. 합금을 하는 목적은 금속의 강도를 높이고 내식성, 경도, 자기, 전기저항 등 특정 성질을 개선하기 위함이다.

[0003] 한편, Sn은 금속으로, 전기 전도도가 높은 솔더(solder)나 높은 열전도도를 필요로 하는 냉각재, 가용플러그, 스프링 쿨러 등에 주로 사용된다.

[0004] 이에, 종래에는 금속인 Sn에 기계적인 특성을 향상시키기 위해 Sn에 Mg과 같은 다른 원소를 첨가하여 Sn계 합금을 제조했다. 이에 높은 연성 및 낮은 융점을 갖는 Sn계 합금을 제조할 수 있었다. 하지만, Sn계 합금은 강도가 제한적이기 때문에 응용범위 또한 제한적인 단점이 있다. 따라서, 강도가 향상된 Sn계 합금 개발이 시급한 실정이다.

선행문헌 : KR 제10-0994812호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 이에 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위하여 착안된 것으로서, 강도를 비롯한 기계적 특성이 향상된 Sn계 합금을 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 기술적 과제를 이루기 위하여 본 발명의 일 측면은 Sn계 합금을 제공한다. 상기 Sn계 합금은 하기 화학식 1로 나타내어지는 조성을 갖는 합금이다.

[0007] [화학식 1]

[0008] $(Sn_aM^1_bM^2_c)_{100-x}A_x$ (a+b+c=100, $30 \leq a \leq 40$, $30 \leq b \leq 40$, $30 \leq c \leq 40$, $0 \leq x \leq 10$)

[0009] 상기 화학식 1에서, 상기 M^1과 상기 M^2는 서로 다른 금속이고, 상기 M^1 또는 상기 M^2는 Al의 융점과 같거나 이보다 낮은 융점을 갖는 금속이며, 상기 A는 Ca 또는 미시메탈(Misch metal)이다.

[0010] 일 예로서, 상기 화학식 1에서, 상기 a, 상기 b, 및 상기 c는 $33 \leq a \leq 34$, $33 \leq b \leq 34$, 및 $33 \leq c \leq 34$을 각각 만족할 수 있다. 일 예로서, 상기 화학식 1에서, 상기 x는 $0<x \leq 10$을 만족할 수 있다. 일 예로서, 상기 M^1 또는 상기 M^2은 Al, Mg, Zn, Pb, In 및 Bi로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속일 수 있다. 일 예로서, 상기 미시메탈은 디디늄계미시메탈(Didymium misch metal), 란타늄계 미시메탈 및 세륨계 미시메탈(Ce-richmisch metal)로 이루어진 군으로부터 선택되는 미시메탈일 수 있다.

[0011] 일 예로서, 상기 M^1은 Mg이고, 상기 M^2은 Al일 수 있다. 이 경우, 상기 Sn계 합금은 $Sn_{34}Mg_{33}Al_{33}$일 수 있다. 상기 A는 Ca이고, 상기 x는 $0<x \leq 10$를 만족할 수 있다. 이 경우, 상기 Sn계 합금은 $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{98}Ca_2$, $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{96}Ca_4$, $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{94}Ca_6$, $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{92}Ca_8$, 및 $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{90}Ca_{10}$로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다. 상기 x는 $2 \leq x \leq 6$을 만족할 수 있다.

[0012] 다른 예로서, 상기 M^1은 Mg이고, 상기 M^2은 Zn일 수 있다. 상기 Sn계 합금은 $Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33}$일 수 있다. 상기 A는 Ca이고, 상기 x는 $0<x \leq 10$를 만족할 수 있다. 이 경우, 상기 Sn계 합금은 $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{98}Ca_2$, $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{96}Ca_4$, $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{94}Ca_6$, $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{92}Ca_8$, 및 $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{90}Ca_{10}$로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

[0013] 또 다른 예로서, 상기 M^1은 Zn이고, 상기 M^2은 Al일 수 있다. 상기 Sn계 합금은 $Sn_{34}Zn_{33}Al_{33}$일 수 있다. 상기

A는 Ca이고, 상기 x는 0<x≤10를 만족할 수 있다. 상기 Sn계 합금은 $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{98}Ca_2$, $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{96}Ca_4$, $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{94}Ca_6$, $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{92}Ca_8$, 및 $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{90}Ca_{10}$로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

발명의 효과

[0014] 상술한 바와 같이 본 발명에 따르면, 기계적 특성 향상된 Sn계 합금을 제공할 수 있다.

[0015] 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 제조예 1 내지 6 시편들의 온도-열유동 그래프 및 변형률-응력 그래프를 나타낸 그래프들이다.

도 2는 본 발명의 제조예 1 내지 6 시편들의 X선 회절 그래프이다.

도 3은 본 발명의 제조예 1 내지 6 시편들의 SEM이미지들이다.

도 4는 본 발명의 제조예 7 내지 12 시편들의 온도-열유동 그래프 및 변형률-응력 그래프를 나타낸 그래프들이다.

도 5는 본 발명의 제조예 7 내지 12 시편들의 X선 회절 그래프이다.

도 6은 본 발명의 제조예 7 내지 12 시편들의 SEM이미지들이다.

도 7은 본 발명의 제조예 13 내지 18 시편들의 온도-열유동 그래프 및 변형률-응력 그래프들이다.

도 8은 본 발명의 제조예 13 내지 18 시편들의 X선 회절 그래프이다.

도 9는 본 발명의 제조예 13 내지 18 시편들의 SEM이미지들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 Sn계 합금은 하기 화학식 1로 나타내어지는 조성을 갖는 합금이다.

[0019] [화학식 1]

[0020] $(Sn_aM^1_bM^2_c)_{100-x}A_x$ (a+b+c=100, 30≤a≤40, 30≤b≤40, 30≤c≤40, 0≤x≤10)

[0021] 상기 화학식 1에서, 상기 M^1과 상기 M^2는 서로 다른 금속이고, 상기 M^1 또는 상기 M^2는 Al의 융점과 같거나 이보다 낮은 융점을 갖는 금속이다. 또한, 상기 A는 Ca 또는 미시메탈(Misch metal)이다.

[0022] 명세서 전반에 걸쳐 기재되는 '미시메탈(Misch Metal, MM)'은 셀륨(50% 이상), 란탄, 또는 네오듐 등의 희토류 원소를 포함하는 희토류 원소의 합금을 의미한다.

[0023] 이와 같이, 상기 a, 상기 b, 및 상기 c가 각각 30≤a≤40, 30≤b≤40, 30≤c≤40 범위에 있을 때, 합금을 이루는 Sn, M^1, 및 M^2 원자들이 동일원자(equiatomic) 또는 유사 동일원자(near-equiatomic) 비율로 제어됨에 따라 균질한 조성을 가지면서 무질서한 조밀 충진 구조를 가질 수 있어 기계적 특성이 향상될 수 있다. 또한, 상기 M^1과 상기 M^2는 Al의 융점과 비교하여 융점이 같거나 낮은 융점 특성을 나타내기 때문에, 상기 합금은 낮은 온도에서 쉽게 융해될 수 있으므로 엔트로피가 높고 연성이 우수한 효과가 있다. 이에 따라, 상기 Sn계 합금은 우수한 기계적 특성을 가지고, 뛰어난 마모 및 부식 저항성, 및 우수한 연성을 가질 수 있다.

[0024] 이에 더하여, 상기 a, 상기 b, 및 상기 c는 33≤a≤34, 33≤b≤34, 및 33≤c≤34을 각각 만족할 수 있다. 이

경우, 상기 합금은 동일원자(equiatomic) 합금으로 명명할 수 있다.

[0025] 상기 M^1 또는 상기 M^2은 Al, Mg, Zn, Pb, In 및 Bi로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속일 수 있다.

[0026] 상기 Sn계 합금에 Ca 또는 미시메탈이 포함되는 경우, 합금의 기계적 특성이 더욱 향상될 수 있다. 상기 미시메탈은 디디늄계미시메탈(Didymium misch metal), 란타늄계 미시메탈 및 세륨계 미시메탈(Ce-richmisch metal)로 이루어진 군으로부터 선택되는 미시메탈일 수 있다.

[0027] 일 예에서, 상기 M^1은 Mg이고, 상기 M^2은 Al일 수 있다. 이 경우, 상기 Sn계 합금은 $Sn_{34}Mg_{33}Al_{33}$일 수 있다.

또한, 상기 M^1은 Mg이고, 상기 M^2은 Al일 때, 상기 A는 Ca이고, 상기 x는 $0<x\leq10$를 만족할 수 있다. 이 경우, 상기 Sn계 합금은 $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{98}Ca_2$, $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{96}Ca_4$, $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{94}Ca_6$, $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{92}Ca_8$, 및 $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{90}Ca_{10}$로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다. 나아가, 상기 x는 $2\leq x\leq6$을 만족할 수 있다. 한편, 상기 M^1은 Mg이고, 상기 M^2은 Al일 때, 상기 A는 미시메탈(MM)이고, 상기 x는 $0<x\leq10$를 만족할 수 있다. 이 경우, 상기 Sn계 합금은 $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{98}MM_2$, $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{96}MM_4$, $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{94}MM_6$, $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{92}MM_8$, 및 $(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{90}MM_{10}$로이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

[0028] 다른 예에서, 상기 M^1은 Zn이고, 상기 M^2은 Al일 수 있다. 이 경우, 상기 Sn계 합금은 $Sn_{34}Zn_{33}Al_{33}$일 수 있다.

또한, 상기 M^1은 Zn이고, 상기 M^2은 Al일 때, 상기 A는 Ca이고, 상기 x는 $0<x\leq10$를 만족할 수 있다. 이 경우, 상기 Sn계 합금은 $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{98}Ca_2$, $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{96}Ca_4$, $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{94}Ca_6$, $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{92}Ca_8$, 및 $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{90}Ca_{10}$로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다. 한편, 상기 M^1은 Zn이고, 상기 M^2은 Al일 때, 상기 A는 미시메탈(MM)이고, 상기 x는 $0<x\leq10$를 만족할 수 있다. 이 경우, 상기 Sn계 합금은 $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{98}MM_2$, $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{96}MM_4$, $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{94}MM_6$, $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{92}MM_8$, 및 $(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{90}MM_{10}$로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

[0029] 또 다른 예로서, 상기 M^1은 Mg이고, 상기 M^2은 Zn일 수 있다. 상기 Sn계 합금은 $Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33}$일 수 있다. 상기 M^1은 Mg이고, 상기 M^2은 Zn일 때, 상기 A는 Ca이고, 상기 x는 $0<x\leq10$를 만족할 수 있다. 이 경우, 상기 Sn계 합금은 $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{98}Ca_2$, $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{96}Ca_4$, $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{94}Ca_6$, $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{92}Ca_8$, 및 $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{90}Ca_{10}$로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다. 한편, 상기 M^1은 Mg이고, 상기 M^2은 Zn일 때, 상기 A는 미시메탈(MM)이고, 상기 x는 $0<x\leq10$를 만족할 수 있다. 이 경우, 상기 Sn계 합금은 $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{98}MM_2$, $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{96}MM_4$, $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{94}MM_6$, $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{92}MM_8$, 및 $(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{90}MM_{10}$로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

[0030] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실험예(example)를 제시한다. 다만, 하기의 실험예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명이 하기의 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0031] **합금 제조예**

[0032] Sn계 합금을 제조하기 위하여 합금에 함유되는 원소들을 준비한다. 이 때, 합금에 함유되는 원소들은 99.9 % 이상의 고순도 원소를 사용했다. 다양한 조성에서의 합금 특성을 평가하기 위하여 합금에 함유되는 원소들의 조성을 다르게 하여 아르곤(99.99 %)가스 분위기에서 보론 나이트라이드로 코팅한 그라파이트에 넣고 유도용해했다. 그 후 용해된 합금을 지름 3 mm, 높이 50 mm의 구리 몰드에 부어 수냉한 봉상형 합급 시편들을 제조하였다.

[0033] **합금 특성 평가**

[0034] <합금 시편 평가예: 기계적 특성 분석>

[0035] 시편의 녹는점을 확인하기 위해 시차 열분석기로 온도 구간 300 K에서 500 K까지, 승온 속도 10 ℃/min로 실험하였다. 시차 열분석 결과의 오차를 줄이고 균일한 값을 얻기 위해 시료의 양은 5 mg에서 20 mg 사이로 하였다. 그 후 고순도의 아르곤 가스 분위기에서 Al 팬(pan)에 패킹(packing)하여 측정하였다.

[0036] 또한, 제조된 합금들의 기계적 특성을 평가하기 위해, 만능 시험기로 압축 시험을 상온에서 진행하였다. 지름 3 mm, 길이 6 mm로 가공한 봉상 시편을 일정한 변형 속도 10^{-3}/s로 시험하였다.

[0037] 하기 [표 1]은 제조된 합금 시편들의 조성 및 기계적 특성을 나타낸다.

표 1

[0038]

구분	조성	T_m(K)	σ(MPa)	ε_p(%)
제조예 1	$Sn_{34}Mg_{33}Al_{33}$	475.7	172.2	〉25
제조예 2	$(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{98}Ca_2$	459.2	300.4	2.8
제조예 3	$(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{96}Ca_4$	474.1	346.6	9.2
제조예 4	$(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{94}Ca_6$	471.6	367.8	5.9
제조예 5	$(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{92}Ca_8$	472.0	452.5	0.3
제조예 6	$(Sn_{34}Mg_{33}Al_{33})_{90}Ca_{10}$	471.9	448.1	0.9
제조예 7	$Sn_{34}Zn_{33}Al_{33}$	474.2	129.3	〉25
제조예 8	$(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{98}Ca_2$	469.2	166.0	〉25
제조예 9	$(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{96}Ca_4$	468.8	198.3	〉25
제조예 10	$(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{94}Ca_6$	468.6	209.1	〉25
제조예 11	$(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{92}Ca_8$	468.8	293.7	〉25
제조예 12	$(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{90}Ca_{10}$	470.3	211.6	〉25
제조예 13	$Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33}$	457.9	297.0	〉25
제조예 14	$(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{98}Ca_2$	451.56	433.6	1.0
제조예 15	$(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{96}Ca_4$	451.8	571.0	0.3
제조예 16	$(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{94}Ca_6$	451.89	631.5	〈0.1
제조예 17	$(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{92}Ca_8$	451.95	711.5	〈0.1
제조예 18	$(Sn_{34}Mg_{33}Zn_{33})_{90}Ca_{10}$	451.92	455.8	〈0.1

T_m(K) : 시편의 용융점
σ(MPa) : 시편의 변형이 시작될 때의 응력
ε_p(%) : 변형의 정도

[0039]

[0040] <합금 시편 평가예: X선 회절 분석>

[0041] 제조된 합금들의 시편의 상을 분석하기 위해 X-선 회절 분석 장비를 이용하였다. λ=1.5406 Å 파장의 CuKα1 target을 사용하고, 40 kV의 튜브 전압, 100 mA의 전류 조건으로 분석하였다. X-선 회절 스펙트럼은 연속 주사 방법으로 20°에서 80°사이에서 3°/min속도로 측정하였다.

[0042] <합금 시편 평가예: SEM 이미지 분석>

[0043] 제조된 각 합금 시편의 상을 분석하기 위해 주사전자 현미경(SEM : Scanning Electron Microscopy)을 이용하였다. 조직 관찰 시 가속전압은 20 kV로 이차 전자 모드와 후방 산란 전자모드를 이용하였다. 후방 산란 전자모드

에서는 원자 무게가 다른 상을 구별하여 볼 수 있다.

[0044] 도 1은 본 발명의 제조예 1 내지 6 시편들의 온도-열유동 그래프 및 변형률-응력 그래프들이다.

[0045] 도 1 및 표 1을 참조하면, Sn-Mg-Al 합금의 조성이 유사 동일원자 비율로 제어됨에 따라 우수한 강도(σ(MPa))를 가짐을 알 수 있다. 또한, Ca을 포함하는 제조예 2 내지 6 시편들의 경우, Ca이 첨가되지 않은 제조예 1 시편과 비교하여 모두 강도가 향상되었으며, 융점이 더 낮아졌음을 알 수 있다. 특히, $2 \leq x \leq 6$ 범위에서 연성 특성이 우수함을 알 수 있다.

[0046] 결론적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 Sn계 합금은 유사 동일원자 비율로 제어됨에 따라 강도가 우수한 것을 알 수 있다. 또한, Ca을 포함함 따라 강도가 더욱 향상되며 융점이 더 낮아지고, 특히, 상기 화학식 1에서 $2 \leq x \leq 6$ 범위에 해당하는 제조예 2, 3, 및 4의 연성 특성이 우수함을 알 수 있다.

[0047] 도 2는 본 발명의 제조예 1 내지 6 시편들의 X선 회절 그래프이다.

[0048] 도 2를 참조하면, 제조예 1 내지 6 시편들 모두 Sn 상을 갖는 합금임을 알 수 있다.

[0049] 도 3은 본 발명의 제조예 1 내지 6 시편들의 SEM이미지들이다.

[0050] 도 3을 참조하면, 제조예 1 내지 6 시편들이 무질서한 조밀 충진 구조를 가짐을 알 수 있다.

[0051] 결과적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 Sn계 합금은 무질서한 조밀 충진 구조를 가짐에 따라 우수한 기계적 특성을 가짐을 알 수 있다.

[0052] 도 4는 본 발명의 제조예 7 내지 12 시편들의 온도-열유동 그래프 및 변형률-응력 그래프들이다.

[0053] 도 4 및 표 1을 참조하면, Sn-Zn-Al 합금의 조성이 유사 동일원자 비율로 제어됨에 따라 우수한 강도를 가짐을 알 수 있다. 또한, Ca이 첨가된 제조예 8 내지 12 시편들의 경우, Ca이 첨가되지 않은 제조예 7 시편과 비교하여 모두 강도가 더욱 향상됐음을 알 수 있다. 또한, 상기 화학식 1에서 $0 \leq x \leq 10$ 범위에 해당하는 제조예 7 내지 12의 변형의 정도가 모두 25%를 초과하여 우수한 유연성을 가짐을 알 수 있다.

[0054] 결론적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 Sn계 합금은 유사 동일원자 비율로 제어됨에 따라 강도가 우수한 것을 알 수 있다. 또한, Ca을 첨가함에 따라 강도가 더욱 향상됨을 알 수 있다. 특히, 시편 7 내지 12의 경우 연성이 매우 우수함을 알 수 있다.

[0055] 도 5는 본 발명의 제조예 7 내지 12 시편들의 X선 회절 그래프이다.

[0056] 도 5를 참조하면, 제조예 7 내지 12 시편들은 Sn상 또는 Mg_2Zn_3 상을 갖는 합금임을 알 수 있다.

[0057] 도 6은 본 발명의 제조예 7 내지 12 시편들의 SEM이미지들이다.

[0058] 도 6을 참조하면, 제조예 7 내지 12 시편들이 무질서한 조밀 충진 구조를 가짐을 알 수 있다. 결과적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 Sn계 합금은 무질서한 조밀 충진 구조를 가짐에 따라 우수한 기계적 특성을 가짐을 알 수 있다.

[0059] 도 7은 본 발명의 제조예 13 내지 18 시편들의 온도-열유동 그래프 및 변형률-응력 그래프들이다.

[0060] 도 7 및 표 1을 참조하면, Sn-Mg-Zn 합금의 조성이 유사 동일원자 비율로 제어됨에 따라 우수한 강도를 가짐을 알 수 있다. 또한, Ca이 첨가된 제조예 14 내지 18 시편들의 경우, Ca이 첨가되지 않은 제조예 13 시편과 비교하여 모두 강도가 더욱 향상되었음을 알 수 있다.

[0061] 결론적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 Sn계 합금은 유사 동일원자 비율로 제어됨에 따라 강도가 우수한 것을 알 수 있다. 또한, Ca을 첨가함에 따라 강도가 더욱 향상됨을 알 수 있다.

[0062] 도 8은 본 발명의 제조예 13 내지 18 시편들의 X선 회절 그래프이다.

[0063] 도 8를 참조하면, 제조예 13 내지 18 시편들은 Sn상, Mg_2Zn_3, 또는 Mg_2Sn 상을 갖는 합금임을 알 수 있다.

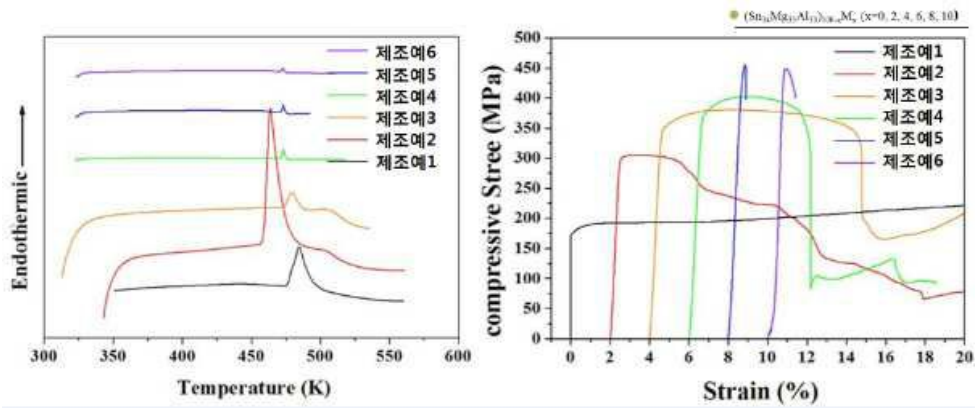
[0064] 도 9는 본 발명의 제조예 13 내지 18 시편들의 SEM이미지들이다.

[0065] 도 9를 참조하면, 제조예 13 내지 18 시편들이 무질서한 조밀 충진 구조를 가짐을 알 수 있다. 결과적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 Sn계 합금은 무질서한 조밀 충진 구조를 가짐에 따라 우수한 기계적 특성을 가짐을 알 수 있다.

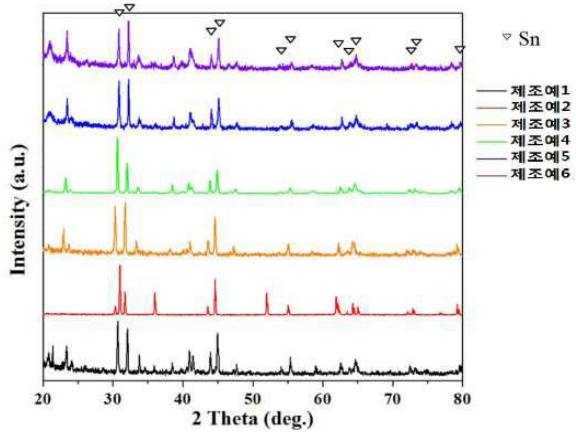
[0066] 이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상 및 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 변형 및 변경이 가능하다.

도면

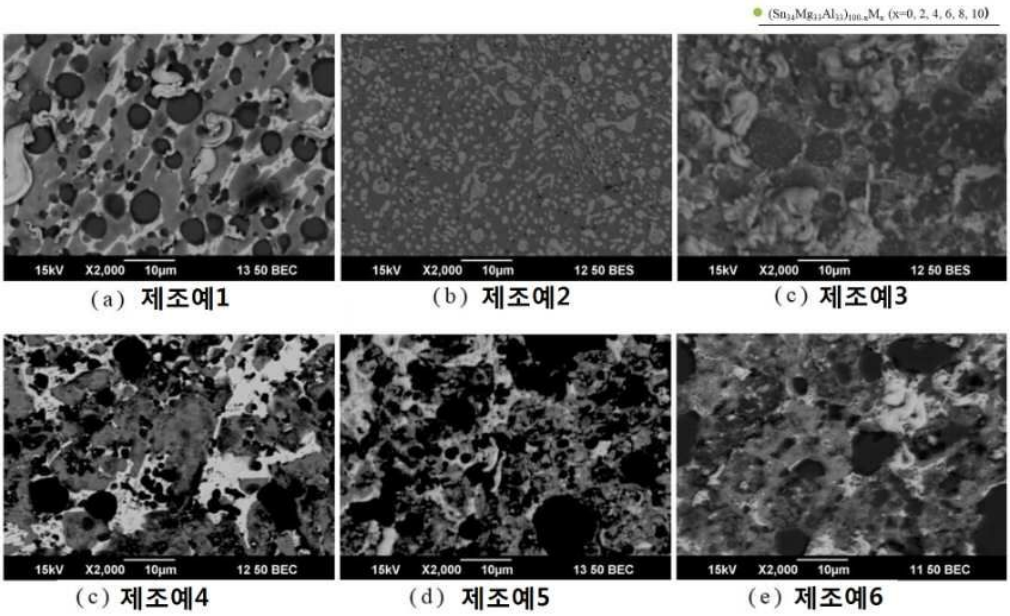
도면1



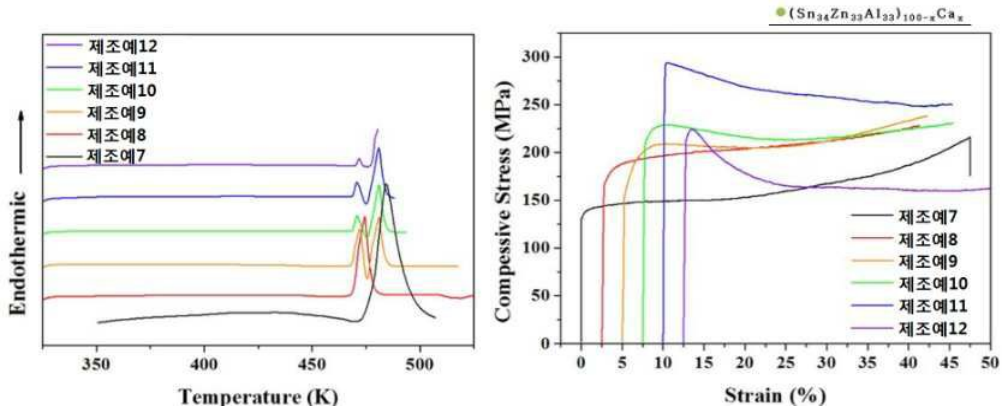
도면2



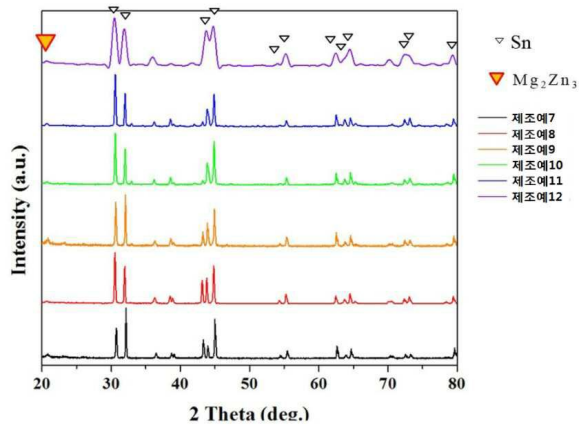
도면3


(a) 제조예1
(b) 제조예2
(c) 제조예3
(c) 제조예4
(d) 제조예5
(e) 제조예6

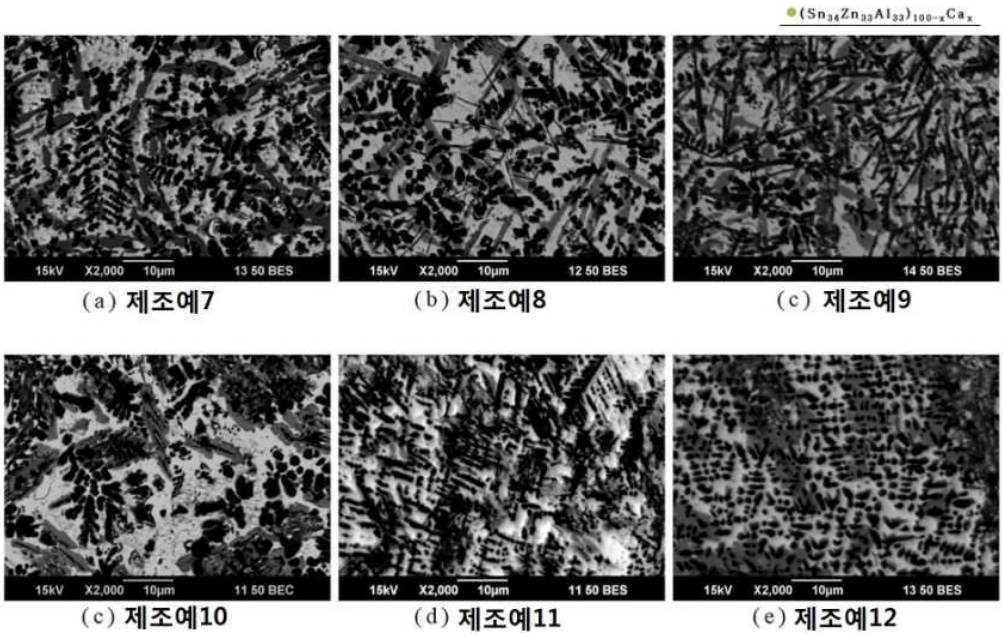
도면4


제조예12
제조예11
제조예10
제조예9
제조예8
제조예7
Endothermic
Temperature (K)
Compressive Stress (MPa)
Strain (%)

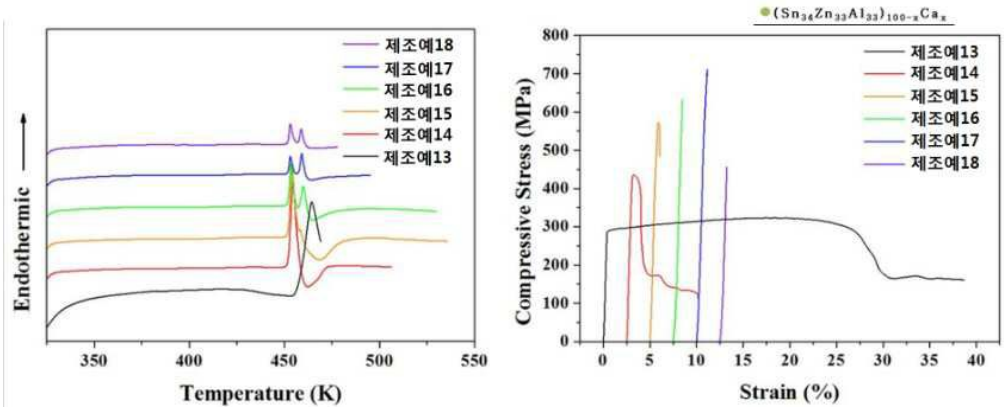
도면5


Sn
Mg2Zn3
제조예7
제조예8
제조예9
제조예10
제조예11
제조예12
Intensity (a.u.)
2 Theta (deg.)

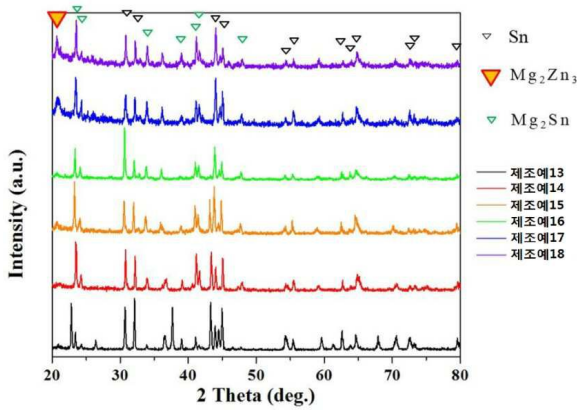
도면6


$(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{100-x}Ca_x$
15kV X2,000 10μm 13 50 BES
15kV X2,000 10μm 12 50 BES
15kV X2,000 10μm 14 50 BES
(a) 제조예7
(b) 제조예8
(c) 제조예9
15kV X2,000 10μm 11 50 BEC
15kV X2,000 10μm 11 50 BES
15kV X2,000 10μm 13 50 BES
(c) 제조예10
(d) 제조예11
(e) 제조예12

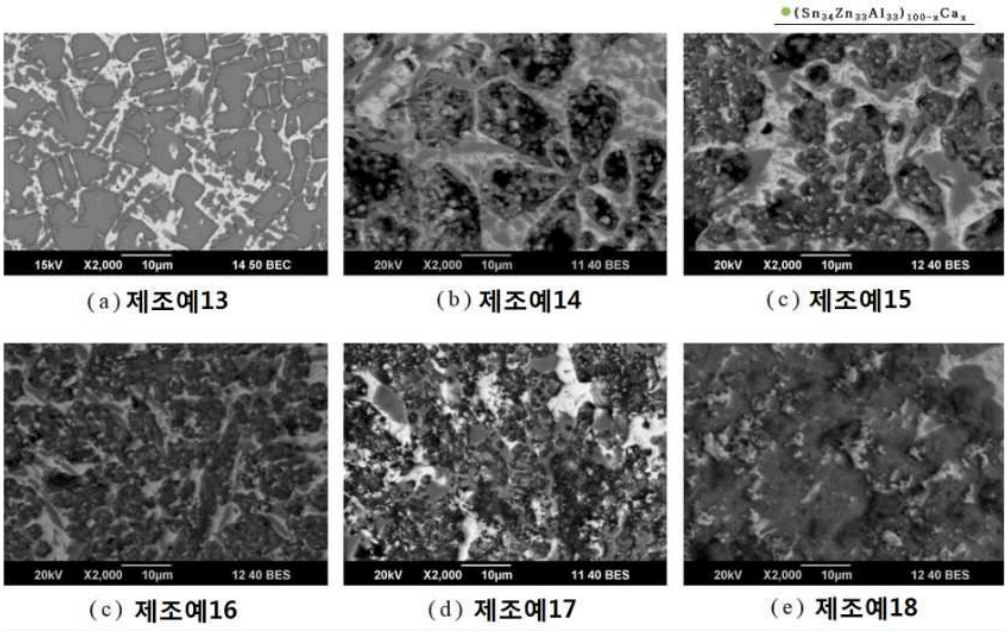
도면7


제조예18
제조예17
제조예16
제조예15
제조예14
제조예13
Endothermic
350 400 450 500 550
Temperature (K)
$(Sn_{34}Zn_{33}Al_{33})_{100-x}Ca_x$
제조예13
제조예14
제조예15
제조예16
제조예17
제조예18
Compressive Stress (MPa)
800 700 600 500 400 300 200 100 0
0 5 10 15 20 25 30 35 40
Strain (%)

도면8


Sn
Mg_2Zn_3
Mg_2Sn
제조예13
제조예14
제조예15
제조예16
제조예17
제조예18
Intensity (a.u.)
20 30 40 50 60 70 80
2 Theta (deg.)

도면9



(a) 제조예13 (b) 제조예14 (c) 제조예15

(c) 제조예16 (d) 제조예17 (e) 제조예18