



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0139757
(43) 공개일자 2013년12월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 45/00 (2006.01) B22F 1/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0026259
(22) 출원일자 2013년03월12일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020120063081 2012년06월13일 대한민국(KR)

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 (신
촌동)
(72) 발명자
김세윤
서울 서대문구 대현동 럭키아파트 102동 604호
이은성
경기 화성시 반송동 메타폴리스 D 동 4101
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
팬코리아특허법인

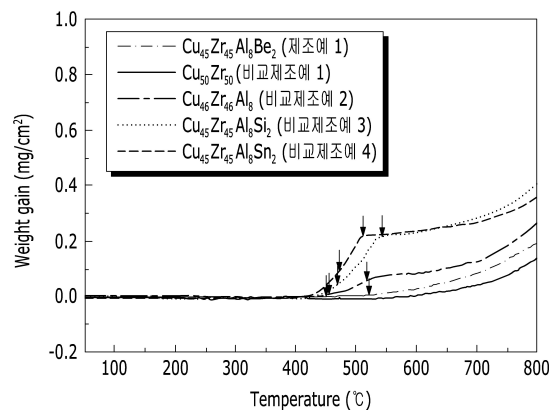
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 금속 유리, 성형품 및 도전성 페이스트

(57) 요약

복수의 원소들을 포함하는 비정질 합금 부분, 그리고 과냉각 액체 구간에서 상기 비정질 합금 부분의 표면에 위치하는 비정질 산화물을 포함하는 금속 유리, 상기 금속 유리의 소성물을 포함하는 성형품 및 상기 금속 유리를 포함하는 도전성 페이스트에 관한 것이다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

김석준

경기 수원시 영통구 영통동 건영아파트 426-1204

박진만

서울 송파구 잠실본동 316-4번지 로얄하이츠 403호

지상수

경기 화성시 반송동 솔빛마을쌍용예가아파트 443동
204호

김도향

서울특별시 서초구 방배동 1029-1 공작빌라트 100
1호

임가람

서울 양천구 목3동 607-11 두두빌라 3차 101호

특허청구의 범위

청구항 1

복수의 원소들을 포함하는 비정질 합금 부분, 그리고
과냉각 액체 구간에서 상기 비정질 합금 부분의 표면에 위치하는 비정질 산화물
을 포함하는 금속 유리.

청구항 2

제1항에서,
상기 비정질 산화물은 상기 복수의 원소들 중 적어도 하나의 원소가 산화되어 형성된 금속 유리.

청구항 3

제1항에서,
상기 비정질 합금 부분은 산소(O_2) 1몰 당 산화물 형성 깃스 자유 에너지가 -900 내지 -1250 kJ/mol인 적어도 세 종류의 원소를 포함하는 금속 유리.

청구항 4

제3항에서,
상기 원소들은 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 바륨(Ba), 망간(Mn), 리튬(Li), 이트륨(Y), 칼슘(Ca), 우라늄(U), 유로퓸(Eu), 스트론튬(Sr), 란탄(La), 세륨(Ce), 네오디뮴(Nd), 이테르븀(Yb), 사마륨(Sm), 토륨(Th), 디스프로슘(Dy), 루테튬(Lu), 홀름(Ho), 툴륨(Tm), 에르븀(Er) 및 스칸듐(Sc)에서 선택되는 금속 유리.

청구항 5

제4항에서,
상기 비정질 합금 부분은 지르코늄(Zr), 알루미늄(Al) 및 베릴륨(Be)을 포함하는 금속 유리.

청구항 6

제4항에서,
상기 비정질 합금 부분은 비저항이 $70 \mu \Omega \text{cm}$ 보다 낮은 저저항 금속을 더 포함하는 금속 유리.

청구항 7

제6항에서,
상기 저저항 금속은 구리(Cu), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 철(Fe), 니켈(Ni), 티타늄(Ti), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 이트륨(Y), 란탄(La), 네오디뮴(Nd), 안티모니(Sb), 아세닉(As), 바륨(Ba), 베릴륨(Be), 카드뮴(Cd), 세슘(Cs), 칼슘(Ca), 크롬(Cr), 코발트(Co), 하프늄(Hf), 인듐(In), 이리듐(Ir), 납(Pb), 리튬(Li), 루

테튬(Lu), 몰리브덴(Mo), 니오븀(Nb), 오시뮴(Os), 팔라듐(Pd), 플래티늄(Pt), 칼륨(K), 레늄(Re), 로듐(Rh), 루비듐(Rb), 루테튬(Ru), 스칸듐(Sc), 셀렌(Se), 나트륨(Na), 스트론튬(Sr), 탄탈륨(Ta), 탈륨(Tl), 토륨(Th), 주석(Sn), 텅스텐(W), 우라늄(U), 바나듐(V), 이테르븀(Yb), 이트륨(Y), 아연(Zn) 및 지르코늄(Zr)에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 금속 유리.

청구항 8

제7항에서,

상기 비정질 합금 부분은 구리(Cu), 지르코늄(Zr), 알루미늄(Al) 및 베릴륨(Be)을 포함하는 금속 유리.

청구항 9

제8항에서,

상기 비정질 산화물은 비정질 지르코늄 산화물(amorphous ZrO_2)을 포함하는 금속 유리.

청구항 10

제1항에서,

상기 비정질 합금 부분은 산소(O_2) 1몰 당 산화물 형성 깃스 자유 에너지가 -900 내지 -1250 kJ/mol인 적어도 두 종류의 원소를 포함하고,

상기 적어도 두 종류의 원소는 상기 비정질 합금 부분의 총 원자 개수에 대하여 적어도 60at%로 포함되어 있는 금속 유리.

청구항 11

제10항에서,

상기 원소들은 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 바륨(Ba), 망간(Mn), 리튬(Li), 이트륨(Y), 칼슘(Ca), 우라늄(U), 유로퓸(Eu), 스트론튬(Sr), 란탄(La), 세륨(Ce), 네오디뮴(Nd), 이테르븀(Yb), 사마륨(Sm), 토륨(Th), 디스프로슘(Dy), 루테튬(Lu), 홀뮴(Ho), 툴륨(Tm), 에르븀(Er) 및 스칸듐(Sc)에서 선택되는 금속 유리.

청구항 12

제11항에서,

상기 비정질 합금 부분은 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)을 포함하는 금속 유리.

청구항 13

제10항에서,

상기 비정질 합금 부분은 비저항이 $70 \mu \Omega \text{cm}$ 보다 낮은 저저항 금속을 더 포함하는 금속 유리.

청구항 14

제13항에서,

상기 저저항 금속은 구리(Cu), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 철(Fe), 니켈(Ni), 티타늄(Ti), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 이트륨(Y), 란탄(La), 네오디뮴(Nd), 안티모니(Sb), 알세닉(As), 바륨(Ba), 베릴륨(Be), 카드뮴(Cd), 세슘(Cs), 칼슘(Ca), 크롬(Cr), 코발트(Co), 하프늄(Hf), 인듐(In), 이리듐(Ir), 납(Pb), 리튬(Li), 루테튬(Lu), 몰리브덴(Mo), 니오븀(Nb), 오시뮴(Os), 팔라듐(Pd), 플래티늄(Pt), 칼륨(K), 레늄(Re), 로듐(Rh), 루비듐(Rb), 루테튬(Ru), 스칸듐(Sc), 셀렌(Se), 나트륨(Na), 스트론튬(Sr), 탄탈륨(Ta), 탈륨(Tl), 토륨(Th), 주석(Sn), 텅스텐(W), 우라늄(U), 바나듐(V), 이테르븀(Yb), 이트륨(Y), 아연(Zn) 및 지르코늄(Zr)에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 금속 유리.

청구항 15

제14항에서,

상기 비정질 합금 부분은 구리(Cu), 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)을 포함하고,

상기 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)은 구리(Cu), 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)의 총 원자 개수에 대하여 적어도 60at%로 포함되어 있는 금속 유리.

청구항 16

제15항에서,

상기 비정질 산화물은 비정질 지르코늄 산화물(amorphous ZrO_2)을 포함하는 금속 유리.

청구항 17

제14항에서,

상기 비정질 합금 부분은 니켈(Ni), 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)을 포함하고,

상기 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)은 니켈(Ni), 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)의 총 원자수에 대하여 적어도 60at%로 포함되어 있는 금속 유리.

청구항 18

제17항에서,

상기 비정질 산화물은 비정질 지르코늄 산화물(amorphous ZrO_2)을 포함하는 금속 유리.

청구항 19

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 따른 금속 유리의 소성물을 포함하는 성형품.

청구항 20

도전성 분말,

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 따른 금속 유리, 그리고

유기 비히클

을 포함하는 도전성 페이스트.

청구항 21

제20항에서,

상기 도전성 분말은 알루미늄(Al), 은(Ag), 구리(Cu), 니켈(Ni), 이들의 합금 또는 이들의 조합을 포함하는 도전성 페이스트.

청구항 22

제20항에서,

상기 도전성 분말, 상기 금속 유리 및 상기 유기 비히클은 상기 도전성 페이스트의 총 함량에 대하여 각각 30 내지 99중량%, 0.1 내지 20중량% 및 잔량으로 포함되어 있는 도전성 페이스트.

청구항 23

제20항에 따른 도전성 페이스트의 소성물을 포함하는 전극을 포함하는 전자 소자.

명세서

기술 분야

[0001] 금속 유리, 성형품 및 도전성 페이스트에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 금속 유리는 두 종류 이상의 금속이 무질서한 원자 구조를 가지는 합금이다. 금속 유리는 유리 전이 온도(glass transition temperature, Tg)와 결정화 온도(crystalline temperature) 사이의 온도 구간인 과냉각 액체 구간(supercooled liquid region)을 가지며, 이 구간에서 점도가 낮아져 액체와 같은 거동을 한다.

[0003] 금속 유리가 과냉각 액체 구간에서 소성되는 경우 일반 금속보다 쉽게 형태를 변형시킬 수 있으므로 가공이 용이할 뿐만 아니라 하부막에 대한 젖음성(wetting) 또한 높아져서 하부막에 대한 밀착성도 높일 수 있다.

[0004] 이와 같이 금속 유리의 가공성 및 젖음성을 개선하기 위해서는 과냉각 액체 구간을 넓히는 것이 중요하다. 그러나 금속 유리에 과냉각 액체 구간을 넓히기 위한 일 원소를 첨가하는 경우 금속 유리의 표면에 형성되는 산화물 구조가 변형되어 산소 이온의 침투가 용이하게 되고 이에 따라 산화가 빠르게 진행될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 일 구현예는 과냉각 액체 구간을 넓히면서도 내산화성을 개선할 수 있는 금속 유리를 제공한다.

[0006] 다른 구현예는 상기 금속 유리의 소성물을 포함하는 성형품을 제공한다.

[0007] 또 다른 구현예는 상기 금속 유리를 포함하는 도전성 페이스트를 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 일 구현예에 따르면, 복수의 원소들을 포함하는 비정질 합금 부분, 그리고 과냉각 액체 구간에서 상기 비정질 합금 부분의 표면에 위치하는 비정질 산화물을 포함하는 금속 유리를 제공한다.
- [0009] 상기 비정질 산화물은 상기 복수의 원소들 중 적어도 하나의 원소가 산화되어 형성될 수 있다.
- [0010] 상기 비정질 합금 부분은 산소(O_2) 1몰 당 산화물 형성 깃스 자유 에너지가 약 -900 내지 -1250 kJ/mol인 적어도 세 종류의 원소를 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 원소들은 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 바륨(Ba), 망간(Mn), 리튬(Li), 이트륨(Y), 칼슘(Ca), 우라늄(U), 유로퓸(Eu), 스트론튬(Sr), 란탄(La), 세륨(Ce), 네오디뮴(Nd), 이테르븀(Yb), 사마륨(Sm), 토륨(Th), 디스프로슘(Dy), 루테튬(Lu), 홀뮴(Ho), 툴륨(Tm), 에르븀(Er) 및 스칸듐(Sc)에서 선택될 수 있다.
- [0012] 상기 비정질 합금 부분은 지르코늄(Zr), 알루미늄(Al) 및 베릴륨(Be)을 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 비정질 합금 부분은 비저항이 약 $70 \mu \Omega \text{cm}$ 보다 낮은 저저항 금속을 더 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 저저항 금속은 구리(Cu), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 철(Fe), 니켈(Ni), 티타늄(Ti), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 이트륨(Y), 란탄(La), 네오디뮴(Nd), 안티모니(Sb), 알세닉(As), 바륨(Ba), 베릴륨(Be), 카드뮴(Cd), 세슘(Cs), 칼슘(Ca), 크롬(Cr), 코발트(Co), 하프늄(Hf), 인듐(In), 이리듐(Ir), 납(Pb), 리튬(Li), 루테튬(Lu), 몰리브덴(Mo), 니오븀(Nb), 오시뮴(Os), 팔라듐(Pd), 플래티늄(Pt), 칼륨(K), 레늄(Re), 로듐(Rh), 루비듐(Rb), 루테튬(Ru), 스칸듐(Sc), 셀렌(Se), 나트륨(Na), 스트론튬(Sr), 탄탈륨(Ta), 탈륨(Tl), 토륨(Th), 주석(Sn), 텅스텐(W), 우라늄(U), 바나듐(V), 이테르븀(Yb), 이트륨(Y), 아연(Zn) 및 지르코늄(Zr)에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 비정질 합금 부분은 구리(Cu), 지르코늄(Zr), 알루미늄(Al) 및 베릴륨(Be)을 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 비정질 산화물은 비정질 지르코늄 산화물(amorphous ZrO_2)을 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 비정질 합금 부분은 산소(O_2) 1몰 당 산화물 형성 깃스 자유 에너지가 약 -900 내지 -1250 kJ/mol인 적어도 두 종류의 원소를 포함할 수 있고, 상기 적어도 두 종류의 원소는 상기 비정질 합금 부분의 총 원자 개수에 대하여 적어도 약 60at%로 포함될 수 있다.
- [0018] 상기 원소들은 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 바륨(Ba), 망간(Mn), 리튬(Li), 이트륨(Y), 칼슘(Ca), 우라늄(U), 유로퓸(Eu), 스트론튬(Sr), 란탄(La), 세륨(Ce), 네오디뮴(Nd), 이테르븀(Yb), 사마륨(Sm), 토륨(Th), 디스프로슘(Dy), 루테튬(Lu), 홀뮴(Ho), 툴륨(Tm), 에르븀(Er) 및 스칸듐(Sc)에서 선택될 수 있다.
- [0019] 상기 비정질 합금 부분은 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)을 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 비정질 합금 부분은 비저항이 약 $70 \mu \Omega \text{cm}$ 보다 낮은 저저항 금속을 더 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 저저항 금속은 구리(Cu), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 철(Fe), 니켈(Ni), 티타늄(Ti), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 이트륨(Y), 란탄(La), 네오디뮴(Nd), 안티모니(Sb), 알세닉(As), 바륨(Ba), 베릴륨(Be), 카드뮴(Cd), 세슘(Cs), 칼슘(Ca), 크롬(Cr), 코발트(Co), 하프늄(Hf), 인듐(In), 이리듐(Ir), 납(Pb), 리튬(Li), 루테튬(Lu), 몰리브덴(Mo), 니오븀(Nb), 오시뮴(Os), 팔라듐(Pd), 플래티늄(Pt), 칼륨(K), 레늄(Re), 로듐(Rh), 루비듐(Rb), 루테튬(Ru), 스칸듐(Sc), 셀렌(Se), 나트륨(Na), 스트론튬(Sr), 탄탈륨(Ta), 탈륨(Tl), 토륨(Th), 주석(Sn), 텅스텐(W), 우라늄(U), 바나듐(V), 이테르븀(Yb), 이트륨(Y), 아연(Zn) 및 지르코늄(Zr)에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 비정질 합금 부분은 구리(Cu), 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)을 포함할 수 있고, 상기 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)은 구리(Cu), 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)의 총 원자 개수에 대하여 적어도 60at%로 포함될 수 있다.
- [0023] 상기 비정질 산화물은 비정질 지르코늄 산화물(amorphous ZrO_2)을 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 비정질 합금 부분은 니켈(Ni), 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)을 포함할 수 있고, 상기 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)은 니켈(Ni), 지르코늄(Zr) 및 알루미늄(Al)의 총 원자수에 대하여 적어도 약 60at%로 포함될 수 있다.

- [0025] 상기 비정질 산화물은 비정질 지르코늄 산화물(amorphous ZrO_2)을 포함할 수 있다.
- [0026] 다른 구현예에 따르면, 상기 금속 유리의 소성물을 포함하는 성형품을 제공한다.
- [0027] 또 다른 구현예에 따르면, 도전성 분말, 상기 금속 유리, 그리고 유기 비히클을 포함하는 도전성 페이스트를 제공한다.
- [0028] 상기 도전성 분말은 알루미늄(Al), 은(Ag), 구리(Cu), 니켈(Ni), 이들의 합금 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0029] 상기 도전성 분말, 상기 금속 유리 및 상기 유기 비히클은 상기 도전성 페이스트의 총 함량에 대하여 각각 약 30 내지 99중량%, 약 0.1 내지 20중량% 및 잔량으로 포함될 수 있다.
- [0030] 또 다른 구현예에 따르면, 상기 도전성 페이스트의 소성물을 포함하는 전극을 포함하는 전자 소자를 제공한다.

발명의 효과

- [0031] 금속 유리의 과냉각 액체 구간을 넓히면서도 내산화성을 높임으로써 가공성 및 젖음성을 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1a는 제조예 1에 따른 금속 유리 시편의 산화막을 관찰한 투과전자현미경(TEM) 사진이고,
 도 1b는 도 1a의 산화막을 확대하여 도시한 투과전자현미경(TEM) 사진이고,
 도 2는 제조예 2에 따른 금속 유리 시편의 산화막을 관찰한 투과전자현미경(TEM) 사진이고,
 도 3a는 비교제조예 1에 따른 금속 유리 시편의 산화막을 관찰한 투과전자현미경(TEM) 사진이고,
 도 3b는 도 3a의 산화막을 확대하여 도시한 투과전자현미경(TEM) 사진이고,
 도 4a는 비교제조예 2에 따른 금속 유리 시편의 산화막을 관찰한 투과전자현미경(TEM) 사진이고,
 도 4b는 도 4a의 산화막을 확대하여 도시한 투과전자현미경(TEM) 사진이고,
 도 5는 제조예 1과 비교제조예 1 내지 4에 따른 금속 유리 시편의 온도에 따른 중량 변화를 보여주는 그래프이고,
 도 6은 제조예 2에 따른 금속 유리 시편의 온도에 따른 중량 변화를 보여주는 그래프이고,
 도 7은 제조예 3에 따른 금속 유리 시편의 온도에 따른 중량 변화를 보여주는 그래프이고,
 도 8은 비교제조예 2에 따른 금속 유리 시편의 온도에 따른 중량 변화를 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하, 본 발명의 구현예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예에 한정되지 않는다.
- [0034] 이하에서 '원소(element)'는 금속(metal) 및 반금속(semimetal)을 포괄하는 용어이다.
- [0035] 이하 일 구현예에 따른 금속 유리를 설명한다.
- [0036] 금속 유리는 복수의 원소들이 무질서한 원자 구조를 가지는 비정질 상태의 합금으로, 비정질 금속(amorphous metal)이라고도 부른다. 상기 금속 유리는 복수의 원소들이 금속 응고됨으로써 형성된 비정질 부분을 가진다. 상기 비정질 부분은 상기 금속 유리의 약 50 내지 100부피%일 수 있고, 그 중에서 약 70 내지 100부피%일 수 있고, 그 중에서 약 90 내지 100부피%일 수 있다.
- [0037] 상기 금속 유리는 고온에서 액체(liquid) 상태일 때 형성된 비정질 부분을 상온(room temperature)에서도 그대로 유지할 수 있다. 따라서, 상기 금속 유리는 고상으로 응고되었을 때 원자들이 규칙적인 배열 구조를 가지는

결정질 구조의 일반 합금과 다르고, 상온에서 액체(liquid) 상태로 존재하는 액체 금속(liquid metals)과도 다르다.

- [0038] 일 구현예에 따른 금속 유리는 복수의 원소들이 비정질 상태로 포함되어 있는 비정질 합금 부분과, 과냉각 액체 구간에서 상기 비정질 합금 부분의 표면에 위치하는 비정질 산화물을 포함한다.
- [0039] 상기 비정질 합금 부분은 복수의 원소들이 무질서한 원자 구조를 가지는 비정질 상태의 합금 부분이고, 상기 비정질 산화물은 상기 복수의 원소들 중 적어도 하나의 원소가 산화되어 형성된 부분일 수 있다.
- [0040] 상기 비정질 합금 부분은 낮은 비저항을 가지는 저저항성 원소를 포함할 수 있다.
- [0041] 상기 저저항성 원소는 상기 금속 유리의 도전성을 결정하는 성분으로, 약 $70 \mu \Omega \text{cm}$ 보다 낮은 비저항을 가질 수 있다. 이러한 원소로는 예컨대 구리(Cu), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 철(Fe), 니켈(Ni), 티타늄(Ti), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 이트륨(Y), 란탄(La), 네오디뮴(Nd), 안티모니(Sb), 아세닉(As), 바륨(Ba), 베릴륨(Be), 카드뮴(Cd), 세슘(Cs), 칼슘(Ca), 크롬(Cr), 코발트(Co), 하프늄(Hf), 인듐(In), 이리듐(Ir), 납(Pb), 리튬(Li), 루테튬(Lu), 몰리브덴(Mo), 니오븀(Nb), 오시뮴(Os), 팔라듐(Pd), 플래티늄(Pt), 칼륨(K), 레늄(Re), 로듐(Rh), 루비듐(Rb), 루테튬(Ru), 스칸듐(Sc), 셀렌(Se), 나트륨(Na), 스트론튬(Sr), 탄탈륨(Ta), 탈륨(Tl), 토륨(Th), 주석(Sn), 텅스텐(W), 우라늄(U), 바나듐(V), 이테르븀(Yb), 이트륨(Y), 아연(Zn) 및 지르코늄(Zr)에서 선택된 적어도 하나일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0042] 상기 비정질 합금 부분은 금속 유리의 과냉각 액체 구간(ΔT_x)을 확장할 수 있는 원소를 포함할 수 있다. 과냉각 액체 구간(ΔT_x)은 금속 유리의 유리 전이 온도(T_g)와 결정화 온도(T_x) 사이의 온도 구간으로, 상기 금속 유리는 과냉각 액체 구간(ΔT_x)에서 연화되어 액체와 같은 거동을 보일 수 있다.
- [0043] 상기 과냉각 액체 구간(ΔT_x)을 확장할 수 있는 원소는 상기 비정질 합금 부분에 포함되어 다른 금속 성분들의 상호 인력(interaction) 방해로 인해 낮은 온도에서 액체 거동을 하도록 하여 상기 금속 유리의 유리 전이 온도(T_g)를 낮출 수 있는 성분이거나, 다른 금속 성분들의 상호 인력 방해를 통해 다른 금속 성분들의 핵 형성을 억제하여 결정화를 늦춤으로써 결정화 온도(T_x)를 높일 수 있는 성분이다.
- [0044] 상기 금속 유리가 분말 형태로 기관과 같은 하부막 위에 적용되는 경우, 상기 금속 유리는 승온되면서 상기 과냉각 액체 구간(ΔT_x) 동안 연화되어 액체와 같은 거동을 보이며 하부막에 대하여 젖음성(wetting)을 나타낼 수 있다. 또한 상기 금속 유리가 성형품 제조에 적용되는 경우, 과냉각 액체 구간(ΔT_x) 동안 연화된 금속 유리를 소정 형태의 틀(mold)에 넣어 열가소성 가공(thermoplastic forming)을 할 수 있다. 따라서 과냉각 액체 구간(ΔT_x)이 넓은 경우 상기 젖음성 및 열가소성 가공성을 높일 수 있다.
- [0045] 이와 같이 과냉각 액체 구간을 확장할 수 있는 원소로는 예컨대 알루미늄(Al), 티타늄(Ti) 등을 들 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0046] 상기 비정질 합금 부분은 상기 저저항 원소보다 산화성이 큰 내산화성 원소 군을 포함할 수 있다.
- [0047] 상기 내산화성 원소 군은 상기 저저항성 원소보다 산화성이 높은 원소들을 포함한다. 산화성이 높은 원소는 공기 중에서 상기 저저항성 원소보다 우선적으로 산화되어 금속 유리의 표면에 안정적인 산화막을 형성하게 되고 이에 따라 상기 저저항성 원소가 산화되는 것을 방지할 수 있다.
- [0048] 상기 내산화성 원소 군은 산화 정도가 유사한 복수의 원소들을 포함할 수 있다. 산화 정도가 유사한 복수의 원소들은 산화물 형성에 동시에 관여함으로써 결정질 산화물의 형성을 늦추고 과냉각 액체 구간에서 비정질 산화물로 존재할 수 있도록 한다.
- [0049] 단사정 구조의 산화물(monoclinic oxide) 및 정방정 구조의 산화물(tetragonal oxide)과 같은 결정질 산화물은 결정 구조 내에 복수의 산소 공동(oxygen vacancy)을 가지며, 과냉각 액체 구간에서 이러한 산소 공동들을 통하여 산소 이온이 확산되어 산화가 빠르게 진행될 수 있다. 이에 반해 비정질 산화물은 산소 공동들을 거의 가지지 않으므로 과냉각 액체 구간에서 산소 이온의 확산에 의해 산화가 빠르게 진행되는 것을 방지할 수 있고 이에 따라 내산화성을 개선할 수 있다.
- [0050] 일 예로, 상기 비정질 합금 부분은 적어도 세 종류의 산화 정도가 유사한 복수의 원소들을 포함할 수 있다. 이와 같이 상기 산화 정도가 유사한 적어도 세 종류의 원소들이 산화물 형성에 동시에 그리고 경쟁적으로 관여함으로써 결정질 산화물의 형성을 늦추고 과냉각 액체 구간에서 비정질 산화물로 존재할 수 있도록 한다.
- [0051] 다른 예로, 상기 비정질 합금 부분은 적어도 두 종류의 산화 정도가 유사한 복수의 원소들을 포함하면서, 상기

산화 정도가 유사한 복수의 원소들이 상기 비정질 합금 부분의 총 원자수에 대하여 적어도 약 60at%로 포함될 수 있다. 상기 범위 내에서 상기 산화 정도가 유사한 복수의 원소들은 적어도 약 70at%로 포함될 수 있으며, 상기 범위 내에서 적어도 약 75at%로 포함될 수 있다.

[0052] 이와 같이 상기 산화 정도가 유사한 적어도 두 종류의 원소들이 산화물 형성에 동시에 그리고 경쟁적으로 관여함으로써 결정질 산화물의 형성을 늦추고 과냉각 액체 구간에서 비정질 산화물로 존재할 수 있도록 한다. 또한 상기 비정질 산화물의 결정화 속도는 상기 비정질 합금 부분의 결정화 속도에 의해 영향을 받을 수 있는데, 이와 같이 상기 비정질 합금 부분 중 산화물 형성에 관여하는 원소들의 비율을 높임으로써 상기 비정질 합금 부분의 결정화를 늦출 수 있어서 상기 비정질 산화물의 결정화 속도 또한 늦출 수 있다. 이에 따라 과냉각 액체 구간에서 비정질 산화물로 존재할 수 있다.

[0053] 상기 산화 정도가 유사한 원소들은 금속 산화물 형성 깃스 자유 에너지(Gibbs Free Energy of metal oxide formation, $\Delta_f G$)가 소정 범위 내에 속하는 원소들 중에서 선택할 수 있다. 금속 산화물 형성 깃스 자유 에너지는 공기 중에서 산화되기 쉬운 정도를 나타내며, 금속 산화물 형성 깃스 자유 에너지가 소정 범위 내에 속하는 원소들은 공기 중에서 산화되는 정도가 유사하다는 것을 의미한다.

[0054] 본 구현예에서는 상술한 과냉각 액체 구간(ΔT_x)을 확장할 수 있는 원소와 산화 정도가 유사한 원소들, 즉 상기 과냉각 액체 구간(ΔT_x)을 확장할 수 있는 원소의 금속 산화물 형성 깃스 자유 에너지와 소정 범위 내에 속하는 원소들 중에서 선택할 수 있다. 예컨대 산소(O_2) 1몰 당 산화물 형성 깃스 자유 에너지가 약 -900kJ/mol 내지 -1250 kJ/mol에 속하는 원소들 중에 선택될 수 있다. 상기 범위에 속하는 원소들로는, 예컨대 상기에서 예시한 알루미늄(Al) 및 티타늄(Ti) 외에, 지르코늄(Zr), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 바륨(Ba), 망간(Mn), 리튬(Li), 이트륨(Y), 칼슘(Ca), 우라늄(U), 유로퓸(Eu), 스트론튬(Sr), 란탄(La), 세륨(Ce), 네오디뮴(Nd), 이테르븀(Yb), 사마륨(Sm), 토륨(Th), 디스프로슘(Dy), 루테튬(Lu), 홀름(Ho), 툴륨(Tm), 에르븀(Er) 및 스칸듐(Sc)에서 선택될 수 있다.

[0055] 하기 표 1은 상기 나열된 원소들의 산소(O_2) 1몰 당 금속 산화물 형성 깃스 자유 에너지를 보여준다.

표 1

[0056]

산화물	$\Delta_f G^0$ (kJ/mol O_2)	산화물	$\Delta_f G^0$ (kJ/mol O_2)
Al_2O_3	-1054.9	La_2O_3	-1137.2
TiO	-990	Ce_2O_3	-1137.5
ZrO_2	-1042.8	Nd_2O_3	-1147.2
BeO	-1160.2	Yb_2O_3	-1151.1
MgO	-1138.6	Sm_2O_3	-1156.4
BaO	-1040.6	ThO_2	-1169.2
Mn_3O_4	-962.4	Dy_2O_3	-1181
Li_2O	-1122.4	Lu_2O_3	-1192.7
Y_2O_3	-1211.1	Ho_2O_3	-1194.1
CaO	-1206.6	Tm_2O_3	-1196.3
UO_2	-1031.8	Er_2O_3	-1205.8
Eu_2O_3	-1037.9	Sc_2O_3	-1212.9
SrO	-1123.8	Ti_2O_3	-956.1

[0057] 이들 중에서 선택된 복수의 원소들을 함께 포함함으로써 상기 원소들이 공기 중에서 산화물 형성에 동시에 관여하여 결정질 산화물 형성을 방해할 수 있고, 이에 따라 비정질 산화물이 형성될 수 있다. 비정질 산화물은 전술한 바와 같이 산소 공동을 거의 가지지 않으므로 내산화성을 높일 수 있다.

- [0058] 상기 금속 유리는 성형품 제조에 적용될 수 있다. 상기 성형품은 상기 금속 유리의 소성물로 만들어질 수 있으며, 예컨대 과냉각 액체 구간(ΔT_x) 동안 연화된 금속 유리를 소정 형상의 틀에 넣고 소성함으로써 제조될 수 있다. 상기 성형품은 예컨대 휴대폰 케이스, 골프 헤드, 시계 등 다양한 분야에 적용될 수 있다.
- [0059] 상기 금속 유리는 도전성 페이스트에 적용될 수 있다.
- [0060] 상기 도전성 페이스트는 도전성 분말, 상술한 금속 유리 및 유기 비히클을 포함할 수 있다.
- [0061] 상기 도전성 분말은 은 또는 은 합금과 같은 은(Ag) 함유 금속, 알루미늄 또는 알루미늄 합금과 같은 알루미늄(Al) 함유 금속, 구리(Cu) 또는 구리 합금과 같은 구리(Cu) 함유 금속, 니켈(Ni) 또는 니켈 합금과 같은 니켈(Ni) 함유 금속 또는 이들의 조합일 수 있다. 그러나 이에 한정되지 않고 다른 종류의 금속일 수도 있으며 상기 금속 외에 다른 첨가물을 포함할 수도 있다.
- [0062] 상기 도전성 분말은 약 1nm 내지 약 50 μ m의 크기를 가질 수 있으며, 1종 또는 2종 이상을 포함할 수 있다.
- [0063] 상기 금속 유리는 전술한 바와 같다.
- [0064] 상기 유기 비히클은 상술한 도전성 분말 및 금속 유리와 혼합되어 적절한 점도를 부여할 수 있는 유기 화합물과 이들을 용해하는 용매를 포함한다.
- [0065] 유기 화합물은 예컨대 (메타)아크릴레이트계 수지; 에틸 셀룰로오스와 같은 셀룰로오스 수지; 페놀 수지; 알코올 수지; 테플론; 및 이들의 조합에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있으며, 분산제, 계면활성제, 증점제 및 안정화제와 같은 첨가제를 더 포함할 수 있다.
- [0066] 용매는 이들을 혼합할 수 있는 형태이면 특히 한정되지 않으며, 예컨대 터피네올, 부틸카비톨, 부틸카비톨 아세테이트, 펜테인디올, 다이펜틴, 리모닌, 에틸렌글리콜 알킬에테르, 디에틸렌글리콜 알킬에테르, 에틸렌글리콜 알킬에테르 아세테이트, 디에틸렌글리콜 알킬에테르 아세테이트, 디에틸렌글리콜 디알킬에테르 아세테이트, 트리에틸렌글리콜 알킬에테르 아세테이트, 트리에틸렌 글리콜 알킬에테르, 프로필렌글리콜 알킬에테르, 프로필렌글리콜 페닐에테르, 디프로필렌글리콜 알킬에테르, 트리프로필렌글리콜 알킬에테르, 프로필렌글리콜 알킬에테르 아세테이트, 디프로필렌글리콜 알킬에테르 아세테이트, 트리프로필렌글리콜 알킬 에테르 아세테이트, 디메틸프탈산, 디에틸프탈산, 디부틸프탈산 및 탈염수에서 선택된 적어도 하나 이상일 수 있다.
- [0067] 상기 도전성 분말, 상기 금속 유리 및 상기 유기 비히클은 상기 도전성 페이스트의 총 함량에 대하여 각각 약 30 내지 99중량%, 약 0.1 내지 20중량% 및 잔량으로 포함될 수 있다.
- [0068] 도전성 페이스트는 스크린 인쇄(screen printing) 등의 방법으로 형성되어 전자 소자의 전극으로 사용될 수 있다. 상기 전자 소자는 예컨대 액정 표시 장치(LCD), 플라즈마 표시 장치(PDP), 유기발광표시장치(OLED), 태양 전지 등일 수 있다.
- [0069] 이하 본 기재의 실시예 및 비교예를 기재한다. 그러나 하기 실시예는 본 기재의 일 실시예일뿐이며, 본 기재가 하기 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0070] 금속 유리의 준비

[0071] 제조예 1

[0072] 구리(Cu) 3.178g, 지르코늄(Zr) 4.562g, 알루미늄(Al) 0.240g 및 베릴륨(Be) 0.020g을 준비한 후 Arc 멜터(Arc melter)를 사용하여 용융하여 구리(Cu)-지르코늄(Zr)-알루미늄(Al)-베릴륨(Be) 모합금 8g을 제조한다. 상기 구리(Cu)-지르코늄(Zr)-알루미늄(Al)-베릴륨(Be) 모합금을 수정관(quartz tube)에 장입한 후 이를 멜트 스피너(melt spinner)에 장착한다. 상기 멜트 스피너를 진공 상태로 유지한 후 챔버 내에 아르곤(Ar) 가스를 공급하여 아르곤 분위기를 형성한다. 이어서 유도가열장치를 사용하여 금속을 녹이고 수정관에 아르곤(Ar) 가스를 유입시켜서 수정관의 배출구로부터 용융된 금속을 토출시킨다. 용융된 금속은 구리 휠(Cu wheel)에서 급속 냉각되면서 리본(ribbon) 형태의 금속 유리 $\text{Cu}_{45}\text{Zr}_{45}\text{Al}_8\text{Be}_2$ 를 제조한다. 상기 금속 유리를 약 5mm x 5mm의 크기로 잘라 $\text{Cu}_{45}\text{Zr}_{45}\text{Al}_8\text{Be}_2$ 시편을 준비한다.

[0073] **제조예 2**

[0074] 구리(Cu) 1.00 g, 지르코늄(Zr) 3.86 g 및 알루미늄(Al) 0.14 g을 준비한 후 Arc 멜터를 사용하여 용융하여 구리(Cu)-지르코늄(Zr)-알루미늄(Al) 모합금을 제조한다. 상기 구리(Cu)-지르코늄(Zr)-알루미늄(Al) 모합금을 수정관에 장입한 후 이를 멜트 스피너에 장착한다. 상기 멜트 스피너를 진공 상태로 유지한 후 챔버 내에 아르곤(Ar) 가스를 공급하여 아르곤 분위기를 형성한다. 이어서 유도가열장치를 사용하여 금속을 녹이고 수정관에 아르곤(Ar) 가스를 유입시켜서 수정관의 배출구로부터 용융된 금속을 토출시킨다. 용융된 금속은 구리 휠(Cu wheel)에서 급속 냉각되면서 리본 형태의 금속 유리 $\text{Cu}_{25}\text{Zr}_{67}\text{Al}_8$ 를 제조한다. 상기 금속 유리를 약 5mm x 5mm의 크기로 잘라 $\text{Cu}_{25}\text{Zr}_{67}\text{Al}_8$ 시편을 준비한다.

[0075] **제조예 3**

[0076] 니켈(Ni) 0.94 g, 지르코늄(Zr) 3.92 g 및 알루미늄(Al) 0.14 g을 준비한 후 Arc 멜터를 사용하여 용융하여 니켈(Ni)-지르코늄(Zr)-알루미늄(Al) 모합금을 제조한다. 상기 니켈(Ni)-지르코늄(Zr)-알루미늄(Al) 모합금을 수정관에 장입한 후 이를 멜트 스피너에 장착한다. 상기 멜트 스피너를 진공 상태로 유지한 후 챔버 내에 아르곤(Ar) 가스를 공급하여 아르곤 분위기를 형성한다. 이어서 유도가열장치를 사용하여 금속을 녹이고 수정관에 아르곤(Ar) 가스를 유입시켜서 수정관의 배출구로부터 용융된 금속을 토출시킨다. 용융된 금속은 구리 휠(Cu wheel)에서 급속 냉각되면서 리본(ribbon) 형태의 금속 유리 $\text{Ni}_{25}\text{Zr}_{67}\text{Al}_8$ 를 제조한다. 상기 금속 유리를 약 5mm x 5mm의 크기로 잘라 $\text{Ni}_{25}\text{Zr}_{67}\text{Al}_8$ 시편을 준비한다.

[0077] **비교제조예 1**

[0078] 구리(Cu) 3.178g, 지르코늄(Zr) 4.562g, 알루미늄(Al) 0.240g 및 베릴륨(Be) 0.020g 대신 구리(Cu) 3.285g 및 지르코늄(Zr) 4.715g을 사용한 것을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 제조하여 $\text{Cu}_{50}\text{Zr}_{50}$ 시편을 준비한다.

[0079]

[0080] **비교제조예 2**

[0081] 구리(Cu) 3.178g, 지르코늄(Zr) 4.562g, 알루미늄(Al) 0.240g 및 베릴륨(Be) 0.020g 대신 구리(Cu) 3.188g, 지르코늄(Zr) 4.577g 및 알루미늄(Al) 0.235g을 사용한 것을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 제조하여 $\text{Cu}_{46}\text{Zr}_{46}\text{Al}_8$ 시편을 준비한다.

[0082] **비교제조예 3**

[0083] 구리(Cu) 3.178g, 지르코늄(Zr) 4.562g, 알루미늄(Al) 0.240g 및 베릴륨(Be) 0.020g 대신 구리(Cu) 3.161 g, 지르코늄(Zr) 4.538g, 알루미늄(Al) 0.239g 및 실리콘(Si) 0.062g을 사용한 것을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 제조하여 $\text{Cu}_{45}\text{Zr}_{45}\text{Al}_8\text{Si}_2$ 시편을 준비한다.

[0084] (실리콘(Si)의 산소(O_2) 1몰 당 금속 산화물 형성 깃스 자유 에너지($\Delta_f G^0$)는 $-856.3 \text{ kJ/mol O}_2$ 이다)

[0085] **비교제조예 4**

[0086] 구리(Cu) 3.178g, 지르코늄(Zr) 4.562g, 알루미늄(Al) 0.240g 및 베릴륨(Be) 0.020g 대신 구리(Cu) 3.084g, 지르코늄(Zr) 4.427g, 알루미늄(Al) 0.233g 및 주석(Sn) 0.256g을 사용한 것을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 제조하여 $\text{Cu}_{45}\text{Zr}_{45}\text{Al}_8\text{Sn}_2$ 시편을 준비한다.

[0087] (주석(Sn)의 산소(O_2) 1몰 당 금속 산화물 형성 깃스 자유 에너지($\Delta_f G^0$)는 $-503.8 \text{ kJ/mol O}_2$ 이다)

[0088] **평가 1: 과냉각 온도 구간**

[0089] 제조예 1 내지 3과 비교제조예 1 내지 4에 따른 금속 유리 시편의 유리 전이 온도(Tg), 결정화 온도(Tx) 및 과냉각 온도 구간(ΔT_x)을 측정한다.

[0090] 유리 전이 온도(Tg), 결정화 온도(Tx) 및 과냉각 온도 구간(ΔT_x)은 시차 주사 열량측정법(differential scanning calorimetry, DSC)을 사용하여 측정하며, 제조예 1 내지 3과 비교제조예 1 내지 4에 따른 금속 유리 시편을 시차주사열량측정 장비에 넣고 온도를 40K/min 의 속도로 승온시키면서 처음으로 흡열을 시작하는 지점을 Tg, 처음으로 발열을 시작하는 시점을 Tx 로 설정한다.

[0091] 그 결과는 표 2와 같다.

표 2

[0092]

	조성	Tg (K)	Tx (K)	ΔT_x (K)
제조예 1	Cu ₄₅ Zr ₄₅ Al ₈ Be ₂	723	794	71
제조예 2	Cu ₂₅ Zr ₆₇ Al ₈	640	731	91
제조예 3	Ni ₂₅ Zr ₆₇ Al ₈	655	716	61
비교제조예 1	Cu ₅₀ Zr ₅₀	697	738	41
비교제조예 2	Cu ₄₆ Zr ₄₆ Al ₈	728	791	63
비교제조예 3	Cu ₄₅ Zr ₄₅ Al ₈ Si ₂	742	816	74
비교제조예 4	Cu ₄₅ Zr ₄₅ Al ₈ Sn ₂	745	784	39

[0093] 표 2를 참고하면, 제조예 1 내지 3에 따른 금속 유리는 약 60K 이상의 과냉각 액체 구간을 확보하는 것을 확인할 수 있으며, 비교제조예 1 내지 4에 따른 금속 유리화 비교하여 유사하거나 확장된 과냉각 액체 구간을 가지는 것을 알 수 있다.

[0094] **평가 2: 비정질 산화막의 확인**

[0095] 제조예 1, 2와 비교제조예 1, 2에 따른 금속 유리 시편을 과냉각 액체 구간(ΔT_x)의 온도까지 승온한 후 금속 유리 표면의 산화막 상태를 확인한다.

[0096] 산화막은 투과전자현미경(transmission electron microscope, TEM)으로 확인한다.

[0097] 도 1a는 제조예 1에 따른 금속 유리 시편의 산화막을 관찰한 투과전자현미경(TEM) 사진이고, 도 1b는 도 1a의 산화막을 확대하여 도시한 투과전자현미경(TEM) 사진이다.

[0098] 도 2는 제조예 2에 따른 금속 유리 시편의 산화막을 관찰한 투과전자현미경(TEM) 사진이다.

[0099] 도 3a는 비교제조예 1에 따른 금속 유리 시편의 산화막을 관찰한 투과전자현미경(TEM) 사진이고, 도 3b는 도 3a의 산화막을 확대하여 도시한 투과전자현미경(TEM) 사진이다.

[0100] 도 4a는 비교제조예 2에 따른 금속 유리 시편의 산화막을 관찰한 투과전자현미경(TEM) 사진이고, 도 4b는 도 4a의 산화막을 확대하여 도시한 투과전자현미경(TEM) 사진이다.

[0101] 도 1a 및 도 1b를 참고하면, 제조예 1에 따른 금속 유리 시편은 743K로 승온하였을 때 표면에 비정질 상태의 산화막(amorphous-ZrO₂)이 형성되었음을 확인할 수 있다.

[0102] 도 2를 참고하면, 제조예 2에 따른 금속 유리 시편은 660K으로 승온하였을 때 비정질 합금 부분 및 그 표면에 비정질 상태의 산화막이 형성되었음을 확인할 수 있다.

[0103] 이에 반해, 도 3a 및 도 3b를 참고하면, 비교제조예 1에 따른 금속 유리 시편의 표면에는 725K에서 단사정 구조의 산화물(m-ZrO₂)이 형성되었음을 확인할 수 있다. 또한 도 4a 및 도 4b를 참고하면, 비교제조예 2에 따른 금속 유리는 유리 전이 온도(Tg)인 728K보다 낮은 온도인 673K에서 이미 결정화되어 정방정 구조의 산화물(t-ZrO₂)이 형성된 것을 확인할 수 있다.

[0104] **평가 3-1: 금속 유리의 내산화성**

[0105] 제조예 1과 비교제조예 1 내지 4에 따른 금속 유리 시편을 열중량 분석기(thermogravimetry analysis)에 넣고 약 10℃/분의 속도로 800℃까지 승온하면서 온도에 따른 중량 변화를 측정한다.

[0106] 그 결과는 도 5와 같다.

[0107] 도 5는 제조예 1과 비교제조예 1 내지 4에 따른 금속 유리 시편의 온도에 따른 중량 변화를 보여주는 그래프이다.

[0108] 도 5의 그래프에서, 중량 변화는 금속 유리 시편의 산화에 의한 산화물 형성에 의한 중량 증가분으로 이해될 수 있다.

[0109] 도 5를 참고하면, 제조예 1에 따른 금속 유리 시편은 약 500℃부터 산화되기 시작하였으며 약 800℃까지 약 0.2 mg/cm² 이하의 중량 증가분이 관찰되었다.

[0110] 이에 반해 비교제조예 2 내지 4에 따른 금속 유리 시편은 제조예 1에 따른 금속 유리 시편보다 산화가 많이 진행되었으며, 특히 비교제조예 3 및 4에 따른 금속 유리 시편은 약 450℃부터 급격히 산화가 진행되어 약 800℃까지 약 0.3 내지 0.4 mg/cm²의 중량 증가분이 관찰되었다.

[0111] **평가 3-2: 금속 유리의 내산화성**

[0112] 제조예 2, 3과 비교제조예 2에 따른 금속 유리 시편을 열중량 분석기(thermogravimetry analysis)에 넣고 약 10℃/분의 속도로 800℃까지 승온하면서 온도에 따른 중량 변화를 측정한다.

[0113] 그 결과는 도 6 내지 도 8과 같다.

[0114] 도 6은 제조예 2에 따른 금속 유리 시편의 온도에 따른 중량 변화를 보여주는 그래프이고, 도 7은 제조예 3에 따른 금속 유리 시편의 온도에 따른 중량 변화를 보여주는 그래프이고, 도 8은 비교제조예 2에 따른 금속 유리 시편의 온도에 따른 중량 변화를 보여주는 그래프이다.

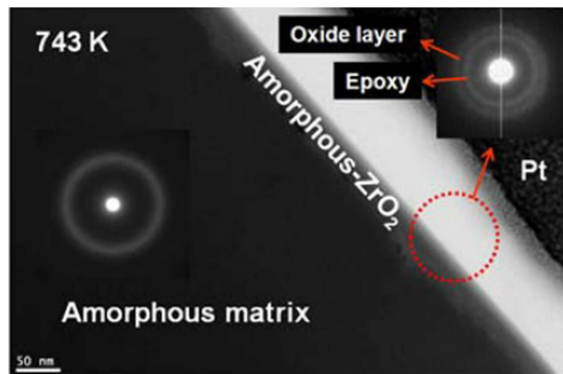
[0115] 도 6 내지 도 8을 참고하면, 제조예 2 및 3에 따른 금속 유리 시편은 유리전이온도(Tg)와 결정화 온도(Tx) 사이의 과냉각 액체 구간에서 중량 증가분이 거의 없는 영역이 존재하는 반면, 비교제조예 2에 따른 금속 유리 시편은 유리전이온도(Tg)와 결정화 온도(Tx) 사이의 과냉각 액체 구간에서 급속히 중량증가분이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이로부터 제조예 2, 3에 따른 금속 유리 시편은 과냉각 액체 구간에서 비정질 산화물로 존재하는 부분이 있어 내산화성이 높은 반면 비교제조예 2에 따른 금속 유리 시편은 과냉각 액체 구간에서 결정질 산화물로 존재하여 산화가 급격히 진행되는 것을 확인할 수 있다.

[0116] 상기 평가들의 결과를 종합할 때, 제조예 1 내지 3에 따른 금속 유리 시편은 비교제조예 1 내지 4에 따른 금속 유리 시편과 비교하여 과냉각 액체 구간을 유지하거나 확장하면서도 내산화성은 개선되는 것을 확인할 수 있다.

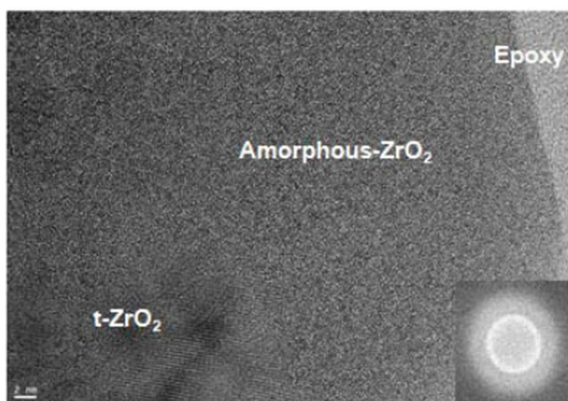
[0117] 이상을 통해 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청구범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명의 범위에 속하는 것은 당연하다.

도면

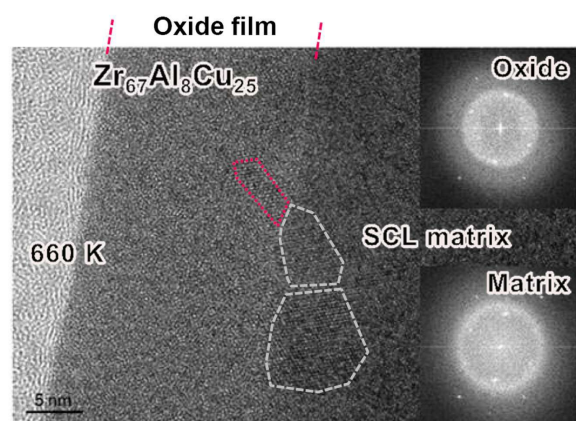
도면1a



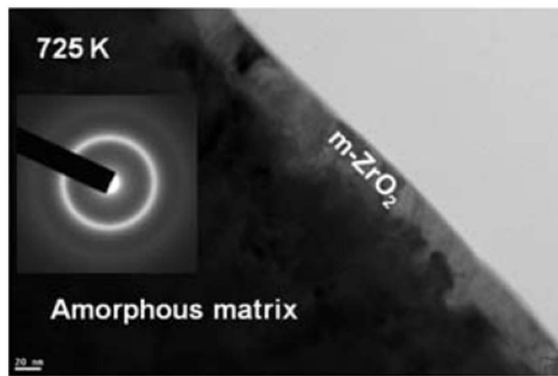
도면1b



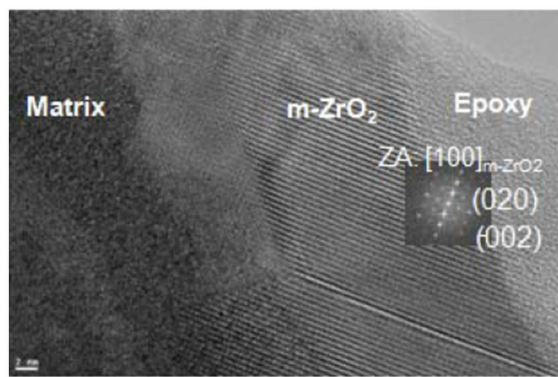
도면2



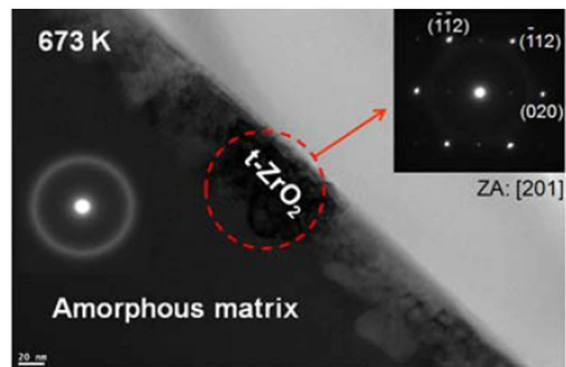
도면3a



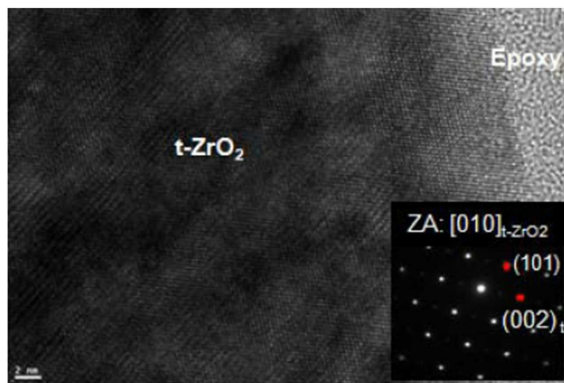
도면3b



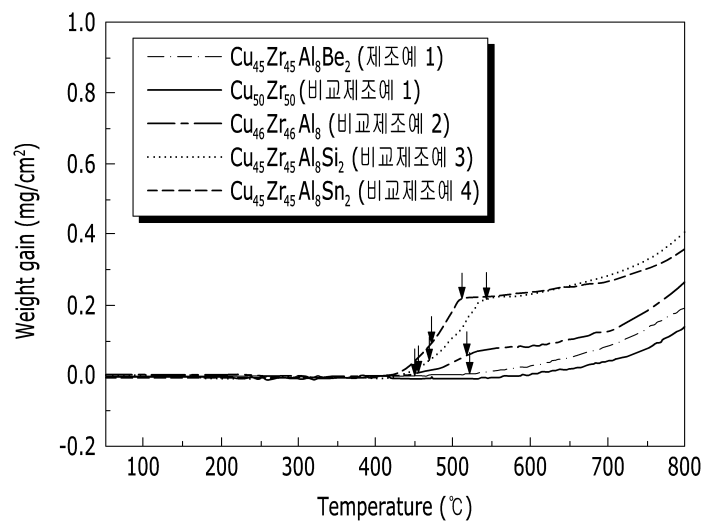
도면4a



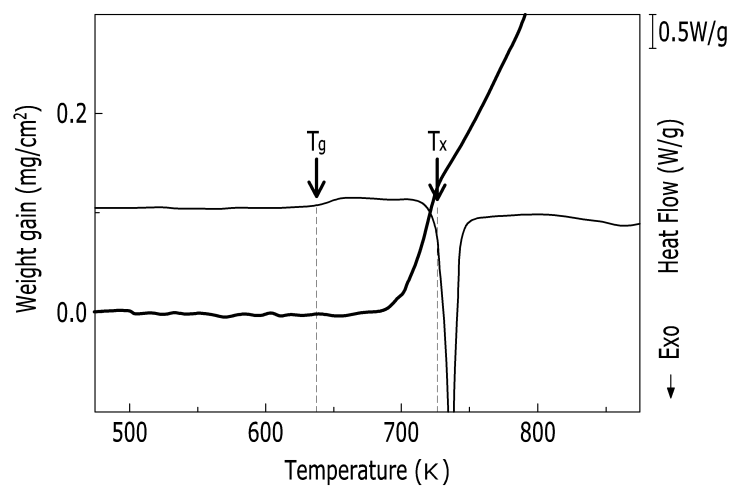
도면4b



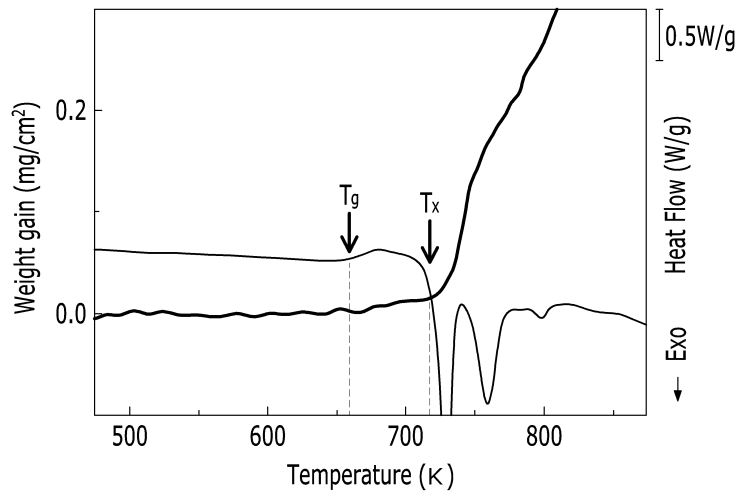
도면5



도면6



도면7



도면8

