



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년08월17일  
(11) 등록번호 10-1057463  
(24) 등록일자 2011년08월10일

(51) Int. Cl.  
C22C 45/02 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2004-7012289  
(22) 출원일자(국제출원일자) 2003년02월03일  
심사청구일자 2008년02월04일  
(85) 번역문제출일자 2004년08월09일  
(65) 공개번호 10-2004-0081770  
(43) 공개일자 2004년09월22일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2003/003101  
(87) 국제공개번호 WO 2003/066925  
국제공개일자 2003년08월14일  
(30) 우선권주장  
10/071,990 2002년02월08일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP02175813 A  
JP57202709 A  
전체 청구항 수 : 총 10 항

(73) 특허권자  
메트글라스, 인코포레이티드  
미국, 사우스 캐롤라이나 29526, 콘웨이, 알라이드 드라이브 440  
(72) 발명자  
마티스로날드제이  
미국, 뉴저지 07936, 이스트 한오버, 페어웨이 드라이브 34  
하세가와류수케  
미국, 뉴저지 07960, 모리스타운, 힐 스트리트 29  
(74) 대리인  
특허법인씨엔에스

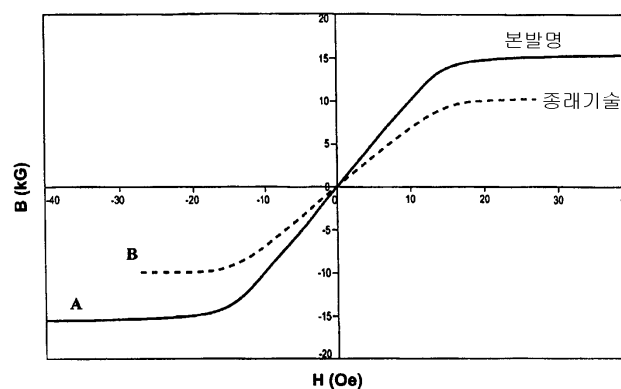
심사관 : 오준철

(54) 선형 BH 루프를 갖는 Fe계 비정질 금속 합금

(57) 요약

금속 비금속 합금 리본은 약 70~87원자%의 철로 구성된다. 약 20원자%까지의 철이 코발트에 의하여 대체되고, 약 3원자%까지의 철이 니켈, 망간, 바나듐, 티타늄 또는 몰리브덴에 의하여 대체된다. 약 13~30원자%의 나머지 원소는 보론, 실리콘 및 탄소로 구성되는 그룹으로부터 선택된다. 합금은 응력제거를 위한 충분한 온도에서 열처리된다. 열처리동안 적용된 자기장은 리본의 미리 결정된 자화용이방향으로부터 벗어난 자화에 영향을 미친다. 상기 금속 비정질은 낮은 ac 손실을 갖는 선형 DC BH 루프를 보여준다. 상기한 바와 같이, 상기 재료는 전류/전압 트랜스포머에 이용되기에 특히 적합하다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

철: 70~87원자%, 잔여 보론, 실리콘 및 탄소(carbon)로 이루어진 그룹중 선택된 멤버(member)를 포함하여 존재하는 성분을 포함하여 조성되고;

상기 철의 20원자%까지 코발트에 의해 대체될 수 있고 상기 철의 3원자%까지 니켈, 망간, 바나듐, 티타늄 또는 몰리브덴에 의해 대체될 수 있으며;

자기장의 크기가  $-15 \text{ Oe}(-1,200 \text{ A/m})$ 에서  $+15 \text{ Oe}(+1,200 \text{ A/m})$ 까지의 범위에서 선형 BH 특성을 가지고, 낮은 자성 손실(magnetic loss)을 가져오도록 열처리된 선형 BH 루프를 갖는 Fe계 비정질 금속 합금.

### 청구항 2

제 1항에 있어서, 10kG, 또는 1 Tesla를 초과하는 포화자기유도( saturation magnetic induction)를 갖는 선형 BH 루프를 갖는 Fe계 비정질 금속 합금.

### 청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 합금은 사전결정된 자화용이방향을 가지며 스트립 형태를 가지며, 상기 자기장의 크기는  $50 \text{ Oe}(4,000 \text{ A/m})$ 에서  $2,000 \text{ Oe}(160,000 \text{ A/m})$ 까지이며, 그리고 상기 자기장은 상기 스트립의 사전결정된 자화용이 방향에 대하여 수직하게 부과된 선형 BH 루프를 갖는 Fe계 비정질 금속 합금.

### 청구항 4

제 1항에 있어서, 300~450℃의 온도에서 1~10시간 동안 열처리된 선형 BH 루프를 갖는 Fe계 비정질 금속 합금.

### 청구항 5

제 4항에 있어서, 원자확산이나 재배열에 의해 응력이 제거된 선형 BH 루프를 갖는 Fe계 비정질 금속 합금.

### 청구항 6

철: 70~87원자%, 잔여 보론, 실리콘 및 탄소(carbon)로 이루어진 그룹중 선택된 멤버(member)를 포함하여 존재하는 성분을 포함하여 조성되고;

상기 철의 20원자%까지 코발트에 의해 대체될 수 있고 상기 철의 3원자%까지 니켈, 망간, 바나듐, 티타늄 또는 몰리브덴에 의해 대체될 수 있으며;

자기장의 크기가  $-15 \text{ Oe}(-1,200 \text{ A/m})$ 에서  $+15 \text{ Oe}(+1,200 \text{ A/m})$ 까지의 범위에서 선형 BH 특성을 가지고, 낮은 자성 손실(magnetic loss)을 가져오도록 자기장하에서 열처리된 선형 BH 루프를 갖는 Fe계 비정질 금속 합금.

### 청구항 7

제 6항에 있어서, 10kG, 또는 1 Tesla를 초과하는 포화자기유도( saturation magnetic induction)를 갖는 선형 BH 루프를 갖는 Fe계 비정질 금속 합금.

### 청구항 8

제 6항에 있어서, 상기 합금은 사전결정된 자화용이방향을 가지며 자기장에서 열처리된 스트립 형태를 가지며, 상기 자기장의 크기는  $50 \text{ Oe}(4,000 \text{ A/m})$ 에서  $2,000 \text{ Oe}(160,000 \text{ A/m})$ 까지이며, 그리고 상기 자기장은 상기 스트립의 사전결정된 자화용이방향에 대하여 수직하게 부과된 선형 BH 루프를 갖는 Fe계 비정질 금속 합금.

### 청구항 9

제 6항에 있어서, 300~450℃의 온도에서 1~10시간 동안 열처리된 선형 BH 루프를 갖는 Fe계 비정질 금속 합금.

### 청구항 10

제 9항에 있어서, 원자확산이나 재배열에 의해 응력이 제거된 선형 B-H 루프를 갖는 Fe계 비정질 금속 합금.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 페로마그네틱(ferromagnetic) 비정질 금속 합금에 관한 것으로, 보다 상세하게는 적용된 자기장에 대한 자화곡선(magnetization curve)이 직선형태인 합금을 열처리하는 공정에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 금속 비정질은 롱-레인지(long-range) 오더(order)가 부족한 준안정 재료이다. 비정질 금속 합금의 X-선 회절 스캔은 무기질 산화물 비정질에서 관측되는 것과 유사한 흩어진 헤일로(halo)를 보여준다. 금속 비정질(비정질 금속 합금)은 U.S. 특허 No. 3,856,513호에 게시되어 있다. 이러한 합금은  $M_aY_bZ_c$ 식을 가지며, 상기 M은 철, 니켈, 코발트, 바나듐 및 크롬으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 금속이고, Y는 인, 보론 및 탄소로 구성되는 그룹으로부터 선택된 원소이며, Z는 알루미늄, 실리콘, 주석, 게르마늄, 인듐, 안티몬 및 베릴륨으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 원소이고, "a"는 약 60~90원자%, "b"는 약 10~30원자%, 그리고 "c"는 약 0.1~15원자%의 범위를 갖는다. 또한,  $T_iX_j$ 식을 가지며, 상기 T는 적어도 하나의 전이금속이고, X는 인, 보론, 탄소, 알루미늄, 실리콘, 주석, 게르마늄, 인듐, 베릴륨 및 안티몬으로 구성된 그룹으로부터 선택된 원소이며, "I"는 약 70~87원자%, "j"는 약 13~30원자%의 범위를 갖는 금속 비정질 와이어가 게시된다. 이러한 재료는 종래기술에서 잘 알려진 제조기술을 이용하여  $1 \times 10^6$  °C/sec 오더의 온도에서 용융물로부터 래피드 켄칭(rapid quenching)에 의하여 편리하게 준비된다.

[0003] 또한, 이러한 명세서는 넓은 청구의 범위에 포함된 많은 금속 비정질에 대한 일반적이지 않거나 또는 특이한 자기특성을 언급한다. 그러나, 선형 B-H 루프와 낮은 손실(losses)를 모두 포함하는 금속 비정질은 전류/전압 트랜스포머와 같은 특정한 적용에 요구된다.

[0004] 일반적으로, 선형 B-H 특성은 재료의 자화 용이축(magnetically easy axis)이 자화여기(magnetic excitation) 방향에 수직하게 위치한 연자성 재료에서 얻어진다. 이러한 재료에 있어서, 상기 외부 자기장 H는 상기 자기 플럭스 B의 평균방향을 기울게 하는 경향이 있으며, 그 결과 상기 측정된 양 B는 H에 비례한다. 그러나, 대부분의 자기 재료는 비선형 B-H 특성을 갖는다. 그 결과로써, 상기 이상적인 선형 B-H 특성은 쉽게 얻어지지 않는다. 이상적인 B-H 직선으로부터의 이탈은 외부에서 적용된 자기장 H에 대한 자기 응답에 있어서 대응하는 이탈을 초래한다.

[0005] 선형 B-H 특성을 보여주는 자기 재료의 전형적인 예로는 이소퍼ם(isoperm)으로 불리는 냉간압연된 50% Fe-Ni 합금을 들 수 있다. 비정질 자기 합금중에서, 열처리된 Co-리치(Co-rich) 합금은 선형 B-H 특성을 제공하는 것으로 알려져 있으며, 최근에는 전류 트랜스포머(transformer)에서 자기 코어 재료로써 이용된다. 일반적으로 상기 Co-리치 비정질 합금은 약 10kG 또는 1테슬라보다 낮은 포화 유도(saturation inductions)를 가지며, 적용되는 최대 자기장 레벨을 제한한다. 또한, 이러한 합금은 상기 합금을 형성하기 위하여 요구되는 많은 양의 Co때문에 값이 비싸다. 10kG보다 높은 포화 유도를 가지며, 선형 B-H 특성을 보여주는 값싼 합금이 요구되는 것은 명백하다.

### 발명의 상세한 설명

[0006] 본 발명은 선형 B-H 루프와 낮은 코어 손실(loss)를 동시에 갖는 금속 비정질 합금의 자기 특성을 향상시키기 위한 방법을 제공한다. 일반적으로 말하면, 상기 금속 비정질은 철: 약 70~87원자%와 보론, 실리콘 및 탄소(carbon)로 이루어진 그룹중 선택된 성분: 약 13~30원자%를 포함하여 조성되고; 약 20원자%까지 철 및 니켈이 코발트에 의해 대체될 수 있고; 상기 철의 약 3원자%까지 망간, 바나듐, 티타늄 또는 몰리브덴중 적어도 하나에 의해 대체될 수 있다. 본 방법은 응력 제거 및 리본 축으로부터 떨어진 자화방향을 얻기에 충분한 시간 및 온도에서 금속 비정질 합금을 열처리하는 단계를 포함하여 이루어진다. 본 발명의 일견지에 있어서, 상기 방법은 자

기장이 없는 곳에서 실시된다. 본 발명의 또 다른 견지는 상기 리본 축에 수직한 방향으로 적용된 자기장이 존재하는 곳에서 상기 방법을 수행하는 단계를 포함한다

[0007] 본 발명의 방법에 따라 처리된 금속 비정질 합금은 측정분야에 있어서 전류/전압 트랜스포머와 같이, 자기장에 대하여 선형의 응답이 요구되는 장치에 이용하는 것이 특히 적합하다.

## 실시예

[0012] 본 발명의 금속 비정질 합금의 열처리하는 그것으로부터 자기특성을 향상시킨다. 보다 상세하게는, 본 발명에 따른 열처리에 의하여, 상기 금속 비정질 합금은 보다 우수한 다음 특성의 조화를 보여준다: 선형 BH 루프와 낮은 ac 코어 손실. 상기 합금은 약 20원자%까지의 철 및 존재하는 니켈을 대체할 수 있는 코발트와, 약 3원자%까지의 철을 대체할 수 있는 망간, 바나듐 또는 몰리브덴중 적어도 하나를 갖는 약 70~87원자%의 철; 그리고 잔여는 보론, 실리콘 및 탄소로 이루어진 그룹중선택된 것으로 구성된다. 상기 열처리 공정은 (a)응력제거를 위한 충분한 온도로 합금을 가열하는 단계, (b)적어도 냉각단계동안 상기 리본 축에 수직한 방향으로 합금에 자기장을 적용하는 단계를 포함하여 이루어진다. 상기 냉각단계는 통상 약  $-0.5 \sim -100^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 의 냉각속도로 수행되며, 바람직하게는 약  $-0.5 \sim -20^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 의 냉각속도로 수행된다. 자기장이 적용되지 않았을 때 수행된 열처리는 일반적으로 비선형 BH 루프를 나타낸다. 그러나, 부분적인 결정화가 국부적인 자기장을 형성하며, 이것은 마치 적용된 자기장과 같은 역할을 한다. 또한, 이것은 작은 자기적 여기에 있어서, 선형 B-H 거동을 초래한다. 이것이 발생할 때, 상기 리본 축에 수직한 방향을 따라 적용되는 횡 자기장(transverse field)은 선택적이다.

[0013] 금속 비정질 합금을 제조하는 공정이 캐스트-인(cast-in) 응력을 초래한다는 것은 일반적으로 알려져 있다. 금속 비정질 합금으로부터 자기 기구(magnetic implements)를 제조하는 공정은 더한 응력을 초래할 수도 있다. 그러므로, 상기 금속 비정질 합금은 이러한 응력이 제거되기에 충분한 온도로 가열되고, 또한 이러한 응력이 제거되기에 충분한 시간동안 유지되는 것이 바람직하다. 상기 열처리동안의 자기장의 적용은 상기 자기장이 적용되는 방향을 따라 자기적인 이방성의 형성을 촉진시킬 수 있다. 상기 자기장은 상기 합금이 (i)퀴리온도 근처 또는 퀴리온도보다  $50^{\circ}\text{C}$  낮은 온도까지, 그리고 (ii)그 구성성분의 원자확산 또는 재배열을 가능하게 하는 충분한 높은 온도일 때 특히 효과적이다.

[0014] 상기 자기장은 실시동안 자기적 여기의 방향에 수직한 방향으로 정의된 횡방향으로 적용된다. 상기 자기 기구가 감긴 토로이드(toroid)일 때, 금속 비정질의 연속적인 리본은 스스로 감긴다. 이러한 토로이드의 경우, 상기 횡방향은 상기 토로이드 축에 평행하다. 횡 자기장은 영구자석 또는 전자석 폴(poles)사이에서 같은 축으로 상기 토로이드를 위치시킴에 의하여, 또는 적당한 전류에 의하여 전압이 인가된 솔레노이드 내부에 같은 축으로 상기 토로이드를 위치시킴에 의하여 편리하게 적용될 수 있다.

[0015] 본 발명의 금속 비정질의 바람직한 열처리 온도(T) 및 유지시간(t)은 상기 합금 조성에 의존한다. T는 통상적으로 약  $300\sim 450^{\circ}\text{C}$ 이며, t는 1~10시간이다.

[0016] 본 발명의 합금의 자기 특성을 향상시키기 위한 방법은 열처리동안에 적용되는 자기장의 방향에 의하여 보다 특정되어진다.

[0017] 바람직한 방법은 횡 자기장의 존재하에서, 그리고 선택적으로 횡방향에 적용되는 제1부와 세로방향으로 적용되는 제2부를 갖는 혼합된 자기장의 존재하에서 열처리를 수행하는 것을 포함한다. 횡 자기장의 존재하에서 열처리를 수행할 때, 자기장의 세기는  $50\sim 2,000 \text{ Oe}$  ( $4,000\sim 160,000 \text{ A/m}$ )의 범위이다. 상기 결과물은 선형 BH 루프와 낮은 코어 손실에 의하여 특징되어진다. 상기와 같이 어닐링된 재료로 제조된 자기 코어는 ac 자기장의 세기를 측정하는 전류/전압 트랜스포머와 같은 적용에 특히 적합하다. 일정한 투자율 또는 선형 BH 루프는 적용된 자기장의 넓은 범위에 걸쳐서 선형 아웃풋(output)을 제공하기 위한 전류/전압 트랜스포머와 같은 장치에 허용된다.

[0018] 다음의 실시예는 본 발명에 대한 보다 완전한 이해를 제공하기 위하여 제시된다. 본 발명의 원리 및 실시의 예를 들기 위하여 보여지는 특정한 기술, 조건, 재료, 비율 및 보고된 자료는 대표적인 것일 뿐 본 발명의 범위를 제한하는 것으로서 쓰여진 것은 아니다.

[0019] [실시예]

[0020] (실시예1)

- [0021] 철계 비정질 합금
- [0022] 약 15~30 $\mu$ m의 두께를 갖는 본 발명의 비정질 철계 합금은 급속응고(rapid solidification) 기술에 의하여 주조되었다. 자기 토로이드는 리본 또는 슬릿 리본을 감아서 제조되었고, 박스 오븐에서 열처리되었다. 2개의 영구 자석 폴 사이에 같은 축으로 토로이드를 위치시킴에 의하여 또는 필수적인 전류를 전달하는 솔레노이드 내에 토로이드를 위치시킴에 의하여 횡 자기장을 형성하였다.
- [0023] 철계 비정질 합금 리본이 자기 토로이드를 형성하기 위하여 토로이드 형태(toroidal shape)로 감겼다. 이후 상기 토로이드는 토로이드 축방향을 따르는 자기장을 갖는 오븐에서 열처리되었다. 이후 상기 토로이드는 선형 B-H 관계를 확인하기 위하여 통상적으로 이용가능한 BH 자기이력그래프(hysteresisgraph)를 이용하여 시험되었고, 상기 B와 H는 각각 자기유도와 자기장을 나타낸다. 도 1은 본 발명에 따라 준비된 비정질 철계 코아와 종래기술의 Co계 비정질 합금 토로이드의 B-H 특성을 비교한 것이다. 본 발명의 코아는 토로이드의 둘레방향(circumference direction)에 수직하게 적용된 16,000 A/m의 자기장을 가지고 400℃에서 10시간동안 열처리되었다. 본 발명의 코아의 B-H 거동은 -12 ~ +12 kG(-1.2 ~ +1.2 T)의 자기유도 또는 플럭스 변화에 동반되는 약 -15 ~ +15 Oe(-1,200 ~ +1,200 A/m) 범위의 적용된 자기장내에서 선형이다. 한편 종래기술인 Co계 코아의 선형 B-H 영역은 자기응답능(magnetic response capability)을 제한하는 약 -7 ~ +7 kG(-0.7 ~ +0.7 T)의 플럭스 변화로 제한된다. 선형 B-H 특성은 B/H로 정의되는 선형 자기 투자율을 의미한다. 도 2는 본 발명의 비정질 철계 합금의 투자율이 약 1000 kHz 또는 1 MHz의 주파수까지 일정함을 보여준다. 이것은 본 발명의 철계 비정질 합금의 자기응답이 약 1000 kHz까지의 전체 주파수 범위를 걸쳐 어떤 수준에서 유지될 수 있음을 의미한다.
- [0024] 선형 B-H 거동은 도 3에서 보여진 것과 같이 부분적으로 결정화된 철계 비정질 합금 코아에서 약 3 Oe(240 A/m) 미만의 외부 자기장을 보여준다. 이러한 경우 열처리동안의 자기장은 선택적이다. 이러한 코아는 낮은 전류 수준을 감지하기 위한 전류 트랜스포머를 제공한다.

- [0025] 철계 비정질 합금의 dc 투자율의 대표적인 실시예가 표 1에 예시되며, Fe-B-Si계 토로이드 형태의 샘플 코아는 OD=13.0mm, ID=9.5mm 및 높이=9.5mm의 디멘션을 가졌고, Fe-B-Si-C계 코아는 OD=25.5mm, ID=16.5mm 및 높이=9.5mm의 디멘션을 가졌다. 상기 Fe-B-Si 및 Fe-B-Si-C계 합금의 포화유도(saturation inductions)는 각각 1.56 및 1.60T이다.

**표 1**

| 합금                            | 열처리온도<br>(℃) | 열처리시간<br>(시간) | 횡 자기장<br>(A/m) | DC 투자율 |
|-------------------------------|--------------|---------------|----------------|--------|
| METGLAS?2605SA1<br>(Fe-B-Si)  | 410          | 6.5           | 0              | 460    |
| METGLAS?2605SA1<br>(Fe-B-Si)  | 420          | 8             | 20,000         | 910    |
| METGLAS?2605SC<br>(Fe-B-Si-C) | 400          | 5             | 20,000         | 3,650  |
| METGLAS?2605SC<br>(Fe-B-Si-C) | 390          | 8             | 20,000         | 5,300  |

- [0027] (실시예2)

- [0028] 샘플준비

- [0029] 비정질 합금은 U.S. 특허 3,856,513호에서 Chen et al에 의하여 제시된 기술을 따라서 약 10<sup>6</sup> K/s의 냉각속도를 가지고 용융물로부터 빠르게 철회되었다. 통상적으로 10~30 $\mu$ m의 두께와 약 1~10cm의 폭을 갖는 상기 결과물인 리본은 x-선 회절분석(Cu-K $\alpha$  방사능을 이용)과 시차주사열량계(differential scanning calorimetry)에 의하여 현저한 결정도가 없음이 밝혀졌다. 리본형태의 비정질 합금은 강하고(strong), 빛나며(shiny), 단단하고(hard), 유연(ductile)하였다.

- [0030] 상기와 같이 제조된 리본은 다른 디멘션을 갖는 토로이드 형태로 차례로 감긴 보다 좁은 리본으로 쪼개졌다. 상

기 리본은 자기장을 갖는 또는 자기장을 갖지 않는 오븐에서 300~450℃의 온도로 열처리되었다. 열처리동안 자기장이 적용되었을때, 자기장의 방향은 토로이드 둘레방향의 가로지르는 방향을 따랐다. 대표적인 자기장 강도는 50~2,000 Oe(4,000~160,000 A/m)이었다.

[0031] 자기측정

[0032] 실시예2에 따라 준비된 자기 토로이드는 B-H 특성을 얻기 위하여 통상적인 BH 자기이력그래프를 이용하여 시험되었다. B/H로 정의된 자기 투자율은 주파수의 함수로써 토로이드상에서 측정되었고, 그 결과는 도 2에 보여진 곡선과 같다.

[0033] 여기에서 본 발명은 매우 상세하게 기술되었으나, 이러한 상세한 기술에 의하여 본 발명이 엄격하게 제한되는 것이 아니며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 제안될 수 있는 다양한 변화 또는 변경 또한 하기 청구항에 의하여 정의된 본 발명의 범위내에 속하는 것으로 이해될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0008] 다음의 상세한 설명과 덧붙여진 도면을 참고할때, 본 발명은 보다 완전하게 이해될 수 있고, 향상된 이점이 명백해질 것이며, 여기에서 참고와 같이 숫자는 다양한 도면에서 유사한 구성요소를 지시한다.

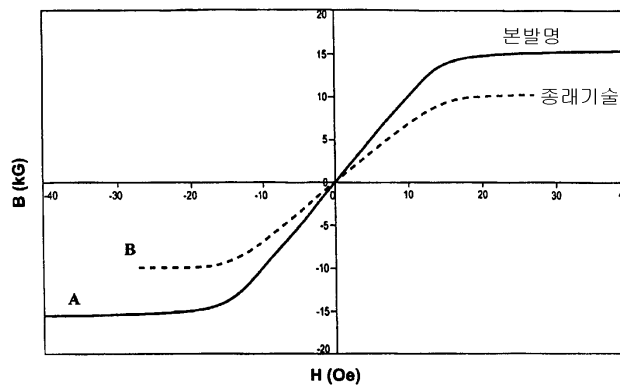
[0009] 도 1은 본 발명의 비정질 Fe-B-Si계 합금과 종래기술의 비정질 Co계 합금의 B-H 특성을 나타내는 그래프이다.

[0010] 도 2는 주파수(frequency)의 함수로써, 도 1의 비정질 Fe계 합금의 투자율을 나타내는 그래프이다.

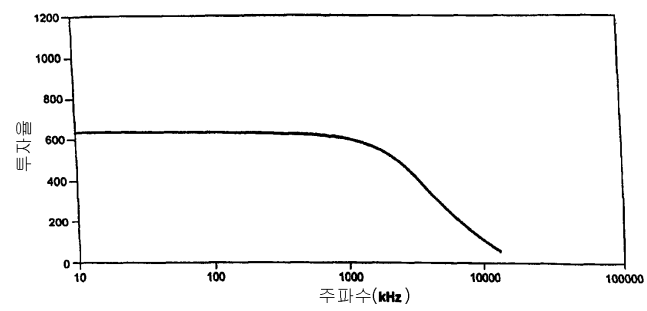
[0011] 도 3은 적용된 자기장 없이 420℃에서 6.5시간동안 열처리된 본 발명의 비정질 Fe계 합금의 B-H 특성을 나타내는 그래프이다.

### 도면

#### 도면1



도면2



도면3

