

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. ⁷ C01B 35/04	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2005년09월28일 10-0517455 2005년09월21일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2002-7011610	(65) 공개번호	10-2002-0092376
(22) 출원일자	2002년09월04일	(43) 공개일자	2002년12월11일
번역문 제출일자	2002년09월04일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP2001/006383	(87) 국제공개번호	WO 2002/55435
국제출원일자	2001년07월24일	국제공개일자	2002년07월18일

(81) 지정국

 국내특허 : 캐나다, 중국, 대한민국, 미국,

 EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스, 터키,

(30) 우선권주장 JP-P-2001-00001948 2001년01월09일 일본(JP)

(73) 특허권자

 도꾸리쓰교세이호징 가가꾸 기쥬쓰 신꼬 기꼬
 일본 사이따마켄 가와구찌시 혼쵸 4쵸메 1방 8고

 아키미츄 준
 일본국 도쿄도 메구로쿠 히모나 6-2-3

(72) 발명자

 아키미츄준
 일본국도쿄도메구로쿠히모나6-2-3

 제니타니유지
 일본국도쿄도세타가야쿠지토세다이6-14-12사잔하우스201

 무라나카다카히로
 일본국도쿄도세타가야쿠기타카라스야마8-22-22다이니스기타하이쓰
 201

 나카가와노리마사
 일본국도쿄도아키시마시나카가미쵸1391-45

 나가마쓰준
 일본국도쿄도세타가야쿠소시가야6-4-19-103

(74) 대리인 유미특허법인

심사관 : 이종국

(54) 금속간화합물초전도체, 합금초전도체 및 이들의 제조방법

요약

초전도전이온도가 높은 금속간화합물초전도체 및 초전도전이온도가 높고, 전성 및 연성이 우수한 합금초전도체를 제공하는 동시에, 재현성이 좋고 제조비용이 낮은 초전도체의 제조방법을 제공한다. 마그네슘(Mg)과 붕소(B)로 이루어진 완전히 신규한 금속간화합물초전도체가 얻어지고, 이 초전도체는 화학조성식 Mg_1B_2 로 표시되어 육방정 AlB_2 형 결정구조를 가지고 초전도전이온도(T_c)는 39K이다. 이러한 금속간화합물을 함유하는 합금은 전성 및 연성이 우수하고 초전도전이온도(T_c)가 39K인 합금초전도체이다. Mg를 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을 혼합하여, 예를 들면 가압가열 성형하여 제조한다.

대표도

도 1

색인어

금속간화합물초전도체, 합금초전도체, 마그네슘, 붕소, 초전도전이온도

명세서

기술분야

본 발명은 대규모의 초전도송전, 초전도전력저장, 고성능의 조셉슨 (Josephson) 소자, 고주파소자 등의 초전도 전자공학 등에 이용할 수 있고, 특히 높은 초전도전이온도를 지니고, 제조가 용이하며, 전성 및 연성이 우수한 완전히 새로운 금속간화합물초전도체, 합금초전도체 및 이들의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

종래의 초전도체에는 단체금속으로 이루어진 초전도체, 화합물로 이루어진 초전도체, 합금으로 이루어진 초전도체 및 복합산화물로 이루어진 초전도체 등이 알려져 있다.

단체금속으로 이루어진 초전도체에는 Pb, Nb 등이 잘 알려져 있지만, 초전도전이온도가 낮아 실용성이 결여되어 있다.

금속간화합물로 이루어진 초전도체에는, Nb_3Ge , Nb_3Ga , Nb_3Al 및 Nb_3Sn 로 대표되는 $Al5$ 형 결정구조를 가지는 금속간화합물초전도체 및 $PbMo_6S_8$ 로 대표되는 Chevrel형 결정구조를 가지는 금속간화합물초전도체 등이 알려져 있다. 또, NbB_2 로 대표되는 AlB_2 형 결정구조를 가지는 금속간화합물초전도체도 알려져 있지만, 초전도전이온도(T_c)가 매우 낮다. ($T_c=0.62K$, Journal of the Less-Common Metals, 67(1979) 249-255) 이들 금속간화합물초전도체에는 Nb_3Ge (초전도전이온도: 약 23K)과 같이 초전도전이온도가 비교적 높은 것도 있지만, 왜곡에 약하고 무르다는 결점을 가지고 있다.

복합산화물로 이루어진 초전도체에는 $La_{2-x}Ba_xCuO_4$ 의 조성으로 대표되는 La계 산화물초전도체, $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ 의 조성으로 대표되는 Y계 산화물초전도체, $Bi_2Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_{2n+n}$ 의 조성으로 대표되는 Bi계 산화물초전도체, $Tl_2Ba_2Ca_{n-1}Cu_nO_{2n+2}$ 의 조성으로 대표되는 Tl계 산화물초전도체, $Hg_1Ba_1CaCu_1O_{6+x}$ 의 조성으로 대표되는 Hg계 산화물초전도체 등이 알려져 있다. 이러한 복합산화물로 이루어진 초전도체는 초전도전이온도가 높고, 내부가 150K에 달하는 것도 있다. 이러한 복합산화물계초전도체는 팔면체형, 피라미드형 또는 평면형으로 이루어진 CuO_2 초전도층과 La, Ca, Y, Bi 또는 Hg 등의 원자와 산소로 이루어진 블록층(초전도층과는 결정구조가 다르다)이 서로 적층하여 구성된 희티탄석 구조를 가지고 있다. 이와 같이, 결정구조가 매우 복잡하기 때문에 재현성이 좋고 대량 생산하기 어렵고, 복합산화물이므로 전성이나 연성 특성이 부족하며, 초전도 전선으로 사용하기가 어렵다.

합금으로 이루어진 초전도체는 Nb-Ti 합금이 잘 알려져 있고, 전성 및 연성이 우수하기 때문에 초전도전선 및 초전도자석 등에 넓게 사용되고 있다. 그러나 합금으로 이루어진 초전도체는 초전도전이온도가 낮아서(Nb-Ti 합금으로 최선의 것이라도 약 9K이다) 개선이 요망되고 있다.

본 발명은, 전술한 과제를 감안하여 초전도전이온도가 높은 금속간화합물초전도체 및 초전도전이온도가 높고, 전성 및 연성이 우수한 합금초전도체를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한 본 발명은 재현성이 좋고, 제조비용이 낮은 이러한 초전도체의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 하고 있다.

발명의 상세한 설명

처음에 본 발명자들이 본 발명에 이르게 된 경위를 설명한다. 일반적으로 가벼운 원소를 함유한 초전도물질은 초전도전이온도가 상승한다고 생각된다. 본 발명자들은, 붕소는 가벼운 원소이며 그 결정은 반도체이므로, 다른 원소와 조합하여 화합물로 만들면 초전도가 나타날 가능성을 높게 예측했다. 여러가지 전이금속원소와 붕소의 화합물 중, AIB_2 형 결정구조를 취하는 TiB_2 에서는 전기 저항이 대단히 작다는 것을 알았지만, 초전도특성은 나타나지 않았다. 따라서 3종류의 원소의 조합을 여러가지로 시도하고, 그 중에서 마그네슘, 전이금속원소 및 붕소를 조합하여 초전도특성을 확인하였다. 그러나 이 초전도특성은 매우 약하였다. 이들 원소의 비를 다양하게 변화시켜 합성한 바, 보다 강한 초전도특성이 전이금속원소를 포함하지 않는 마그네슘과 붕소의 화합물로 얻어지는 것을 알았다. 그러나 처음에는 마그네슘의 양이 붕소의 양에 비해 대단히 큰 화합물로 실험하였기 때문에, 분말 X선 회절측정에서는 마그네슘결정의 결정구조에 기초한 회절선평에 관측되지 않았고, 초전도특성의 기원은 마그네슘에 붕소가 고용된 합금이 아닌가라고 생각되었지만, 마그네슘과 붕소의 조성비를 서서히 바꾸면서 실험한 바, Mg_1B_2 의 조성비로 초전도전이온도가 대단히 높고, 강한 초전도특성이 관측되어, 이것이 초전도의 실체인 것을 확인할 수 있었고 본 발명에 도달하였다.

상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 금속간화합물초전도체는 마그네슘(Mg)과 붕소(B)로 이루어진 금속간화합물초전도체인 것을 특징으로 한다.

또, 본 발명의 합금초전도체는 Mg과 B로 이루어진 금속간화합물을 함유하고, 단일 또는 복수의 금속원소를 함유하는 것을 특징으로 하고 있다.

상기 금속간화합물초전도체는 화학조성식 Mg_1B_2 로 표시되는 조성을 가지고, Mg층과 B층이 교대로 적층된 육방정 AIB_2 형 결정구조를 가지는 것을 특징으로 하고 있다.

또, 상기 합금초전도체는 Mg과 B로 이루어진 금속간화합물을 함유하여, 조성식 $Mg_{1-x}B_{2+y}$ ($0 < x < 1$, $-2 < y < 0$ 및 $0 < y < 2$)으로 표시되는 조성을 가지는 합금인 것을 특징으로 하고 있다.

이러한 구성에 의한 금속간화합물초전도체는 초전도전이온도(T_c)가 39K이고, 종래에 알려져 있는 어떤 금속간화합물초전도체보다 초전도전이온도가 높고, 종래에 알려져 있는 AIB_2 형 결정구조를 지닌 금속간화합물보다도 훨씬 초전도전이온도가 높다.

또, 이러한 구성에 의한 합금초전도체는 초전도전이온도(T_c)가 39K이고, 종래에 알려져 있는 어떤 합금초전도체보다도 초전도전이온도가 높고, 전성 및 연성이 풍부하다.

상기 구성의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물초전도체에 의하면, 초전도전이온도(T_c)가 높은 초전도체로서, 고성능인 조셉슨 소자, 고주파소자 등의 초전도 전자공학 등에 이용할 수 있다.

또한, 상기 구성의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물초전도체를 함유하는 합금초전도체를 이용하면, 초전도전이온도가 높고, 전성 및 연성이 우수한 초전도체로서, 초전도송전, 초전도전력저장 등의 초전도전선에 사용할 수 있고, 고성능인 조셉슨 소자, 고주파 소자 등의 초전도 전자공학용 재료로서 사용할 수 있다.

또한, 본 발명에 따른 금속간화합물초전도체의 제조 방법은, Mg을 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을 화학조성비 Mg:B=1:2로 혼합하고, 펠렛상으로 성형하여 불활성가스속에서 가열하여 형성하는 것을 특징으로 한다.

또, Mg을 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을 화학조성비 Mg:B=1:2로 혼합하고, 펠렛상으로 성형하여 진공속에서 가열하여 형성할 수도 있다.

또한, Mg을 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을, 화학조성비 Mg:B=1:2로 혼합하고, 펠렛상으로 성형하여 가압 불활성가스속에서 가열하여 형성할 수도 있다.

또한, Mg을 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을, 화학조성비 Mg:B= 1:2로 혼합하고, 펠렛상으로 성형하여 가압가열성형하여 형성할 수도 있다.

또한, 본 발명의 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체의 제조 방법은, Mg을 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을 화학조성비 Mg:B=1-x:2+y, (0<x<1, -2<y<0 및 0<y<2)로 혼합하고, 펠렛상으로 성형하여 불활성가스속에서 가열 형성하는 것을 특징으로 한다.

상기 합금초전도체의 제조 방법으로는 Mg을 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을 화학조성비 Mg:B=1-x:2+y, (0<x<1, -2<y<0 및 0<y<2)로 혼합하고, 펠렛상으로 성형하여 진공속에서 가열하여 형성할 수도 있다.

또, Mg를 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을 화학조성비 Mg:B=1-x:2+y, (0<x<1, -2<y<0 및 0<y<2)로 혼합하고, 펠렛상으로 성형하여, 가압불활성가스속에서 가열하여 형성할 수도 있다.

또, Mg를 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을 화학조성비 Mg:B=1-x:2+y, (0<x<1, -2<y<0 및 0<y<2)로 혼합하고, 펠렛상으로 성형하여, 가압가열성형하여 형성할 수도 있다.

또, 금속간화합물초전도체의 제조 방법에 있어서, 불활성가스중의 가열은 700~2000℃의 온도로 수초 이상으로 행하면 바람직하다.

또한, 금속간화합물초전도체의 제조 방법에 있어서, 진공중에서의 가열은, 2×10^{-2} Pa 이하의 진공중에서 650~1100℃의 온도로 수분 이상으로 행하면 바람직하다.

또, 금속간화합물초전도체의 제조 방법에서 가압불활성가스중의 가열은 1~200MPa의 불활성가스압력중에서 600~1100℃의 온도로 수분이상 가열할 수도 있다.

또한, 금속간화합물초전도체의 제조 방법에서의 가압가열성형은, 0.1~6GPa의 압력을 가하면서, 700~1400℃의 온도로 수분 이상 가열하도록 할 수도 있다.

또, 합금초전도체의 제조 방법에서 불활성가스중의 가열은, 700~2000℃의 온도로 수초 이상 가열할 수도 있다.

또한, 합금초전도체의 제조 방법에서 진공중에서의 가열은, 2×10^{-2} Pa 이하의 진공중에서 650~1100℃의 온도로 수분 이상가열하도록 할 수도 있다.

또, 합금초전도체의 제조 방법에서의 가압불활성가스중의 가열은, 1~200MPa의 불활성가스압력중에서 600~1100℃의 온도로 수분 이상 행할 수도 있다.

또한, 합금초전도체의 제조 방법에서의 가압가열성형은, 0.1~6GPa의 압력을 가하면서, 700~1400℃의 온도로 수분 이상 가열하도록 할 수도 있다.

상기 구성의 금속간화합물초전도체의 제조 방법에 의하면, 본 발명의 마그네슘(Mg)과 붕소(B)를 포함하는 금속간화합물초전도체를 재현성이 좋고, 용이하게 제조할 수 있다.

또, 상기 구성의 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체의 제조 방법에 의하면, 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체를 재현성이 좋고, 용이하게 제조할 수 있다.

본 발명은 이하의 발명의 상세한 설명 및 본 발명의 실시예를 나타내는 첨부 도면에 따라 더욱 잘 이해된다. 또한, 첨부 도면에 나타낸 여러가지 실시예는 본 발명을 특정 또는 한정하기 위하여 의도된 것이 아니라, 단순히 본 발명의 설명 및 이해를 용이하게 하기 위해서 기재된 것이다.

도면의 간단한 설명

- 도 1은 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물초전도체의 결정구조를 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물초전도체의 결정구조를 도시한 도면이며, (a)는 측면도, (b)는 평면도이다.
- 도 3은 본 발명의 금속간화합물초전도체의 분말 X선 회절측정 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 4는 분말 X선 회절측정의 패턴으로부터 단위포내의 Mg와 B의 원자좌표를 구한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물초전도체의 저항의 온도특성의 측정 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물초전도체의 자화율의 온도특성의 측정 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체의 분말 X선 회절의 측정 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체의 전기저항의 온도특성의 측정 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체의 자화율의 온도특성의 측정 결과를 나타내는 그래프이다.

실시예

- 이하에 도면에 따라 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.
- 처음에, 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물초전도체의 결정구조를 설명한다.
- 도 1은 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물초전도체의 결정구조를 도시한 도면이다. 도 2는 도 1의 결정구조를 더욱 이해하기 쉽게 하기 위한 도면으로서, (a)는 측면도, (b)는 평면도이다.
- 도 1 및 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 금속간화합물초전도체는 화학조성식 Mg_1B_2 로 표시되고, 육방정의 AlB_2 형 결정구조를 가지고 있다.
- 도 3은 하기에 설명하는 제조 방법에 의해서 형성한 본 발명의 금속간화합물초전도체의 분말 X선 회절결과를 도시한 도면이다. X선 회절측정은 2축 X선 회절측정장치(RIGAKU社 제품, RINT2000)를 이용하여 행하였다.
- 도 3의 분말 X선 회절측정 패턴으로부터 결정계가 육방정이며, 공간군 $p 6/mmm$ 에 속하는 것을 알 수 있고, a축 및 b축 길이가 3.083\AA , c축 길이가 3.527\AA 인 것을 알 수 있다.
- 도 4는 분말 X선 회절측정의 패턴으로부터 단위포내의 Mg와 B의 원자좌표를 구한 것이다. 도 4로부터 명확히 나타낸 바와 같이, B 원자는 ab 면내에서 서로 가장 조밀하게 배열하고 있는 3개의 Mg 원자의 중심에, 또한 c축 방향의 Mg 원자의 배열 중간에 위치하고 있는 것을 알 수 있다.

도 3 및 도 4에 명확히 나타낸 바와 같이, 본 발명의 금속간화합물초전도체는 도 1 및 도 2에 나타낸 육방정의 AlB_2 형 결정구조를 가지고 있다.

다음으로, 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물초전도체의 초전도특성에 대하여 설명한다.

도 5는 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물초전도체의 저항의 온도특성의 측정 결과를 도시한 도면이다. 전기 저항의 측정은 4탐침법으로 행했다.

도 5로부터, 온도가 저하됨에 따라서 전기저항이 내려가며, 39K에서 급준하여 전기저항이 0으로 되는 것을 알 수 있다. 즉, 본 발명의 금속간화합물초전도체는 초전도전이온도가 39K이다.

또, 초전도전이온도는 전기저항의 하강 온도 T_c 온셋(onset) 및 전기저항의 상승 온도 T_c 제로(zero)에서 정의되지만, 본 발명의 금속간화합물초전도체는 T_c 온셋(onset) = 39K, T_c 제로(zero) = 38K 이다.

다음에, 본 발명의 금속간화합물초전도체의 자화율(susceptibility)의 측정 결과를 나타낸다.

도 6은 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물초전도체의 자화율의 온도특성의 측정 결과를 도시한 도면이다. 자화율의 측정은, 직류자화율측정장치(퀀텀·디자인社 제품 자기특성 측정시스템, MPMS 시리즈 MPMSR2)를 사용했다.

도 6에 명확히 나타낸 바와 같이, $T_c = 39K$ 에서 저온측에서 부의 자화율, 즉 반자성을 나타내고 있고, 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물은 초전도전이온도 $T_c = 39K$ 인 초전도체인 것을 알 수 있다.

도 6에서는 0 자계로 냉각한 경우와 H(인가자계) = 100 Oe에서 냉각한 경우를 나타내고 있다. 자계냉각으로 자화율이 작은 것은 진입자속의 존재를 나타내고 있고, 제2종 초전도체인 것을 나타내고 있다.

다음으로, 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체에 대하여 설명한다.

도 7은 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체의 분말 X선 회절의 측정 결과를 도시한 도면이다. 측정에 이용한 합금초전도체는 하기에 설명한 제조 방법으로 형성한 것이고, 조성 $Mg_1B_{0.33}$ 을 지닌다. 측정방법은 도 3의 경우와 동일하다.

도 7에 있어서, 회절피크는 Mg 금속(육방세밀 결정구조)의 면지수에 전부 일치하고 있고, 도면 중에 화살표로 나타낸 회절각 위치에 Mg_1B_2 금속간화합물에 기초한 회절강도가 조금 관측되어 있다. 즉, 본 발명의 합금초전도체는 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물을 함유한 합금초전도체인 것을 알 수 있다.

다음에, 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체의 초전도특성을 설명한다.

도 8은 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체의 전기저항의 온도특성의 측정 결과를 도시한 도면이다. 이러한 도 8에 초전도전이온도부근의 특성을 확대하여 도시하고 있다. 도 8에 명확히 나타낸 바와 같이, 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체는 초전도전이온도 $T_c = 39K$ 인 초전도체이다.

다음에, 본 발명의 합금초전도체의 자화율(susceptibility)의 측정 결과를 나타낸다.

도 9는 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체의 자화율의 온도특성의 측정 결과를 도시한 도면이다. 자화율의 측정법은 도 6의 측정과 동일하다.

도 9로부터 명확히 나타낸 바와 같이, $T_c = 39K$ 에서 저온측에서 부의 자화율, 즉 반자성을 나타내고 있고, 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체는 초전도전이온도 $T_c = 39K$ 의 초전도체인 것을 알 수 있다. 도 9에서는 0 자계로 냉각한 경우와 $H(\text{인가자계}) = 100 \text{ Oe}$ 에서 냉각한 경우를 나타내고 있다. 자계냉각으로 자화율이 작은 것은 진입자속의 존재를 나타내며, 제2종 초전도체인 것을 나타내고 있다.

다음에, 본 발명의 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물초전도체 및 마그네슘과 붕소로 이루어진 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체의 제조 방법을 설명한다.

이하에 설명하는 본 발명의 제조 방법에 따르면, 금속간화합물초전도체가 될 것인지 또는 합금초전도체가 될 것인지는 혼합한 원료분말의 Mg와 B의 화학조성비에 따라 정해진다. 즉, 화학조성비 $Mg:B=1:2$ 로 혼합되어 있는 경우에는 혼합 가루 전체가 Mg_1B_2 의 조성식으로 표시된 육방정의 AlB_2 형 결정구조의 단상의 금속간화합물초전도체로 된다.

또, 혼합가루가 화학조성비 $Mg:B=1-x:2+y$, ($0 < x < 1$, $-2 < y < 0$ 및 $0 < y < 2$)로 혼합되어 있는 경우에는 상기 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체로 되고, 사용목적에 따라 조성비를 바꿀 수 있다. 예를 들어 Mg의 조성비를 크게 하면, 전성 및 연성이 우수한 초전도전선을 제조할 수 있다. Mg의 원료분말로는 Mg 분말 또는 MgO 분말을 사용할 수 있고, B의 원료분말로는 B 분말을 사용할 수 있다.

본 발명의 금속간화합물초전도체 및 합금초전도체의 제조 방법으로 몇개의 예를 들 수 있다.

제1 방법은, Mg분말 및 B분말을 교반장치로 혼합하여 혼합분말을 형성하고, 이 혼합분말을 펠렛상으로 성형한 것을, 불활성가스분위기중에서 아크용해법, 플라즈마아크용해법 또는 고주파용해법 등의 공지된 가열방법을 이용하여 $700 \sim 2000^\circ C$ 의 온도로 수초 이상가열하는 것이 되어, 이 방법에 의해서 용이하게 형성할 수 있다.

제2 방법은, Mg분말 및 B분말을 교반장치로 혼합하여 혼합분말을 형성하고, 이 혼합분말을 펠렛상으로 성형한 것을, $2 \times 10^{-2} Pa$ 이하의 진공중에서 $650 \sim 1100^\circ C$ 의 온도로 수분 이상가열하는 것이 되어, 이 방법에 의해서 용이하게 형성할 수 있다.

제3 방법은, Mg분말 및 B분말을 교반장치로 혼합하여 혼합분말을 형성하고, 이 혼합분말을 펠렛상으로 성형한 것을, HIP 가압장치(예를 들면, 칸베제강社 제, 고온고압분위기로) 등을 이용하여, 불활성가스를 충전하고 $1 \sim 200 MPa$ 의 불활성 가스압력중에서 $600 \sim 1100^\circ C$ 의 온도로 수분 이상가열하게 되어, 이 방법에 의해서 용이하게 형성할 수 있다.

제4 방법은, Mg분말 및 B분말을 교반장치로 혼합하여 혼합분말을 형성하고, 이 혼합분말을 펠렛상으로 성형한 것을, 입방체 앤빌가압장치 등의 가압장치를 이용하고, $0.1 \sim 6 GPa$ 의 압력을 가하면서, $700 \sim 1400^\circ C$ 의 온도로 수분 이상가열하는 것으로, 이 방법에 의해서 용이하게 형성할 수 있다. 고압력은 입자계결합을 촉진하기 위해서 필요하며, 고온도는 초전도상을 성장하기 위해서 필요하다.

또, 본 발명의 금속간화합물초전도체 및 합금초전도체는 상기의 다결정소결체에 한정되지 않고, 다결정벌크체, 대형단결정 또는 박막이 될 수도 있다.

공지된 단조장치, 초고압가압가열합성장치 등의 벌크체 제작장치를 이용하면, 경량, 고경도 및 부식내성이 우수한 다결정벌크체의 금속간화합물초전도체를 제조할 수 있다.

또, 대형 단결정 금속간화합물초전도체는 재결정법, 단순인상법, 부유대역용융법, 플러스법 등의 공지된 단결정 육성법을 사용하고, 적절한 도가니를 사용하여 분위기 제어를 행하고 제조할 수 있다.

또, 금속간화합물초전도체의 박막은, Mg과 B의 조성비가 1:2로 되는 것 같은 기상원을 이용한 화학기상증착법 또는 Mg과 B의 조성비가 1:2인 타겟을 스퍼터링하여 형성하는 스퍼터링법을 이용하여 제조할 수 있다. 또, 금속간화합물초전도체의 박막을 부착시키는 기판으로서, Cu 등의 금속기판, 세라믹기판 또는 금속기판상에 세라믹을 피복한 복합기재 등을 이용할 수 있다. 용도에 맞춰서 적절한 기판을 선택하면 된다.

또, Mg와 B의 조성비에 있어서, 전성 및 연성이 풍부한 Mg의 조성비를 크게 하거나 전성 및 연성이 풍부한 다른 금속을 혼합하여 합성함으로써, 전성 및 연성이 우수한 초전도합금을 제조할 수 있다. 이 초전도합금은 압연, 압출 등의 가공기술을 사용하면, 극세다심형초전도선재, 초전도세선 또는 초전도합금선으로 가공할 수 있다.

산업상 이용 가능성

이상의 설명으로부터 이해할 수 있는 것 같이, 본 발명의 금속간화합물초전도체는 초전도전이온도가 높고, 제조가 용이하므로, 고성능의 조셉슨소자 및 고주파소자 등의 초전도 전자공학 등에 이용하면 매우 유용하다.

또, 본 발명의 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체는 초전도전이온도가 높고, 전성 및 연성이 우수하고 제조가 용이하므로, 대규모의 초전도송전, 초전도전력저장, 고성능인 조셉슨 소자, 고주파소자 등의 초전도일렉트로닉스 등에 이용하면 매우 유용하다.

또한, 본 발명의 금속간화합물초전도체의 제조 방법 및 그 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체의 제조 방법을 이용하면, 매우 재현성이 좋고, 용이하게 저비용으로 금속간화합물초전도체 및 금속간화합물을 함유하는 합금초전도체를 제조할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

마그네슘(Mg)과 붕소(B)로 이루어진 금속간화합물인 것을 특징으로 하는 금속간화합물초전도체.

청구항 2.

Mg와 B로 이루어진 금속간화합물을 함유하고, 단일 또는 복수의 금속원소를 함유하는 합금인 것을 특징으로 하는 합금초전도체.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 금속간화합물초전도체는 화학조성식 Mg_1B_2 로 표시되는 조성을 가지며, Mg층과 B층이 교대로 적층된 육방정 AlB_2 형 결정구조를 가지는 것을 특징으로 하는 금속간화합물초전도체.

청구항 4.

제2항에 있어서,

상기 합금초전도체는 상기 금속간화합물을 함유하여, 조성식 $Mg_{1-x}B_{2+y}$ ($0 < x < 1$, $-2 < y < 0$ 및 $0 < y < 2$)으로 표시되는 조성을 가지는 것을 특징으로 하는 합금초전도체.

청구항 5.

제1항에 있어서,

상기 금속간화합물초전도체는 초전도전이온도(T_c)가 39K인 것을 특징으로 하는 금속간화합물초전도체.

청구항 6.

제2항에 있어서,

상기 합금초전도체는 초전도전이온도(T_c)가 39K인 것을 특징으로 하는 합금초전도체.

청구항 7.

Mg을 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을 화학조성비 Mg:B=1:2로 혼합하며, 펠렛상으로 성형하고 불활성가스속에서 가열하여 형성하는 것을 특징으로 하는 금속간화합물초전도체의 제조방법.

청구항 8.

Mg을 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을 화학조성비 Mg:B=1:2로 혼합하며, 펠렛상으로 성형하고 진공속에서 가열하여 형성하는 것을 특징으로 하는 금속간화합물초전도체의 제조방법.

청구항 9.

Mg을 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을 화학조성비 Mg:B=1:2로 혼합하며, 펠렛상으로 성형하고 가압불활성가스속에서 가열하여 형성하는 것을 특징으로 하는 금속간화합물초전도체의 제조방법.

청구항 10.

Mg을 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을, 화학조성비 Mg:B=1:2로 혼합하며, 펠렛상으로 성형하고 가압가열성형하여 형성하는 것을 특징으로 하는 금속간화합물초전도체의 제조방법.

청구항 11.

Mg를 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을 화학조성비 Mg:B = 1-x: 2+y ($0 < x < 1$, $-2 < y < 0$ 및 $0 < y < 2$)로 혼합하며, 펠렛상으로 성형하고 불활성가스속에서 가열하여 형성하는 것을 특징으로 하는 합금초전도체의 제조방법.

청구항 12.

Mg를 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을 화학조성비 Mg:B=1-x:2+y, ($0 < x < 1$, $-2 < y < 0$ 및 $0 < y < 2$)으로 혼합하며, 펠렛상으로 성형하고 진공속에서 가열하여 형성하는 것을 특징으로 하는 합금초전도체의 제조방법.

청구항 13.

Mg를 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을, 화학조성비 Mg:B=1-x:2+y, ($0 < x < 1$, $-2 < y < 0$ 및 $0 < y < 2$)으로 혼합하며, 펠렛상으로 성형하고 가압불활성가스속에서 가열하여 형성하는 것을 특징으로 하는 합금초전도체의 제조방법.

청구항 14.

Mg를 포함하는 원료분말과 B를 포함하는 원료분말을, 화학조성비 $Mg:B=1-x:2+y$, ($0<x<1$, $-2<y<0$ 및 $0<y<2$)으로 혼합하며, 펠렛상으로 성형하고 가압가열성형하여 형성하는 것을 특징으로 하는 합금초전도체의 제조방법.

청구항 15.

제7항에 있어서,

상기 불활성가스속에서의 가열은 700~2000℃의 온도로 수초 이상 행하는 것을 특징으로 하는 금속간화합물초전도체의 제조방법.

청구항 16.

제8항에 있어서,

상기 진공속에서의 가열은 2×10^{-2} Pa 이하의 진공중에서 650~1100℃의 온도로 수분 이상 행하는 것을 특징으로 하는 금속간화합물초전도체의 제조방법.

청구항 17.

제9항에 있어서,

상기 가압불활성가스속에서의 가열은 1~200MPa의 불활성가스압력중에서 600~1100℃의 온도로 수분 이상 행하는 것을 특징으로 하는 금속간화합물초전도체의 제조방법.

청구항 18.

제10항에 있어서,

상기 가압가열성형은 0.1~6GPa의 압력을 가하면서, 700~1400℃의 온도로 수분 이상 가열하는 것을 특징으로 하는 금속간화합물초전도체의 제조방법.

청구항 19.

제11항에 있어서,

상기 불활성가스속에서의 가열은 700~2000℃의 온도로 수초 이상 행하는 것을 특징으로 하는 합금초전도체의 제조방법.

청구항 20.

제12항에 있어서,

상기 진공속에서의 가열은 2×10^{-2} Pa 이하의 진공중에서 650~1100℃의 온도로 수분 이상 행하는 것을 특징으로 하는 합금초전도체의 제조방법.

청구항 21.

제13항에 있어서,

상기 가압불활성가스속에서의 가열은 1~200MPa의 불활성가스압력중에서 600~1100℃의 온도로 수분 이상 행하는 것을 특징으로 하는 금속간화합물초전도체의 제조방법.

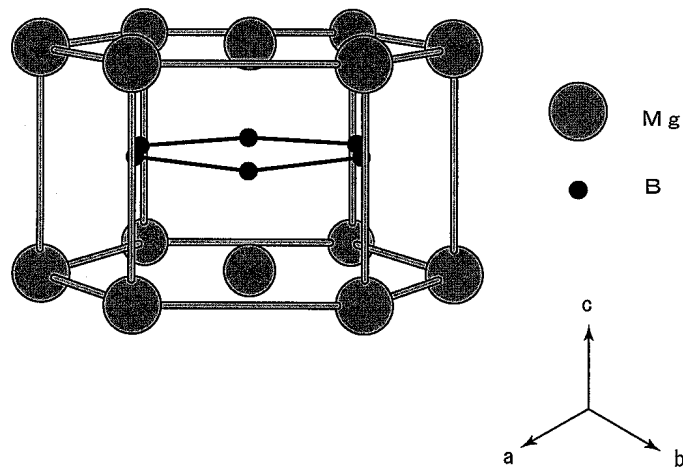
청구항 22.

제14항에 있어서,

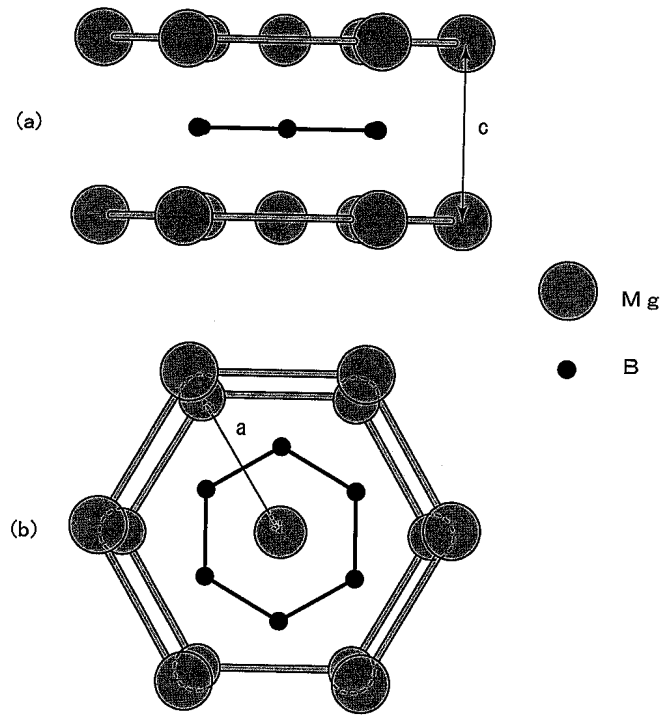
상기 가압가열성형은 0.1~6GPa의 압력을 가하면서, 700~1400℃의 온도로 수분 이상가열하는 것을 특징으로 하는 합금초전도체의 제조방법.

도면

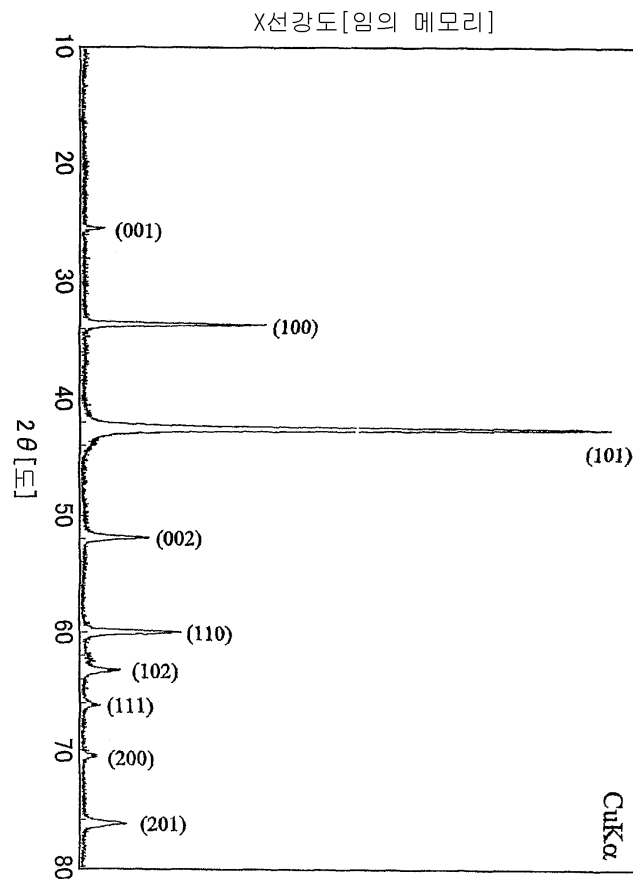
도면1



도면2



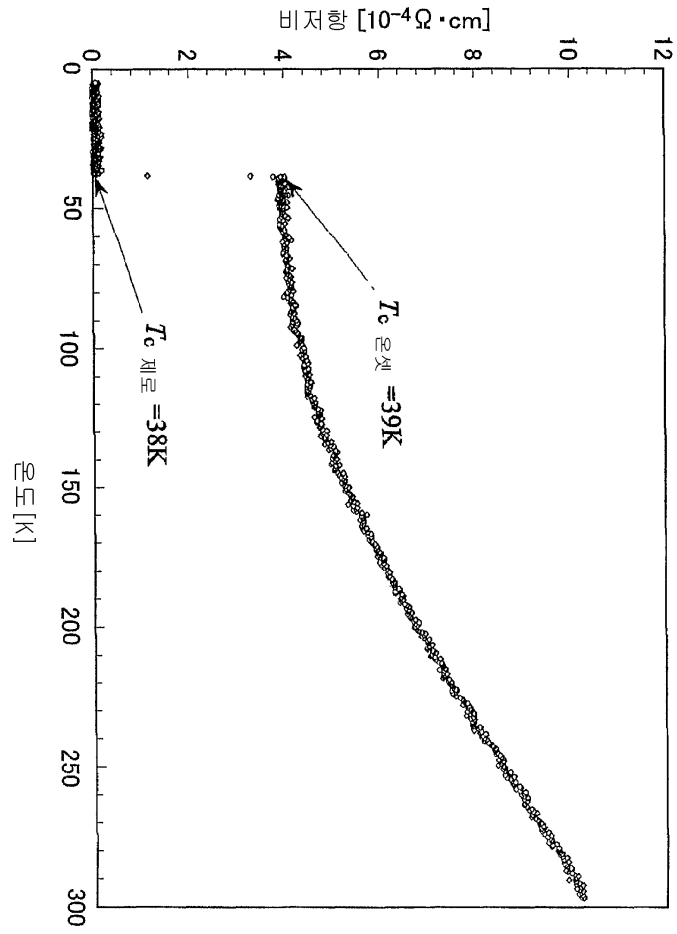
도면3



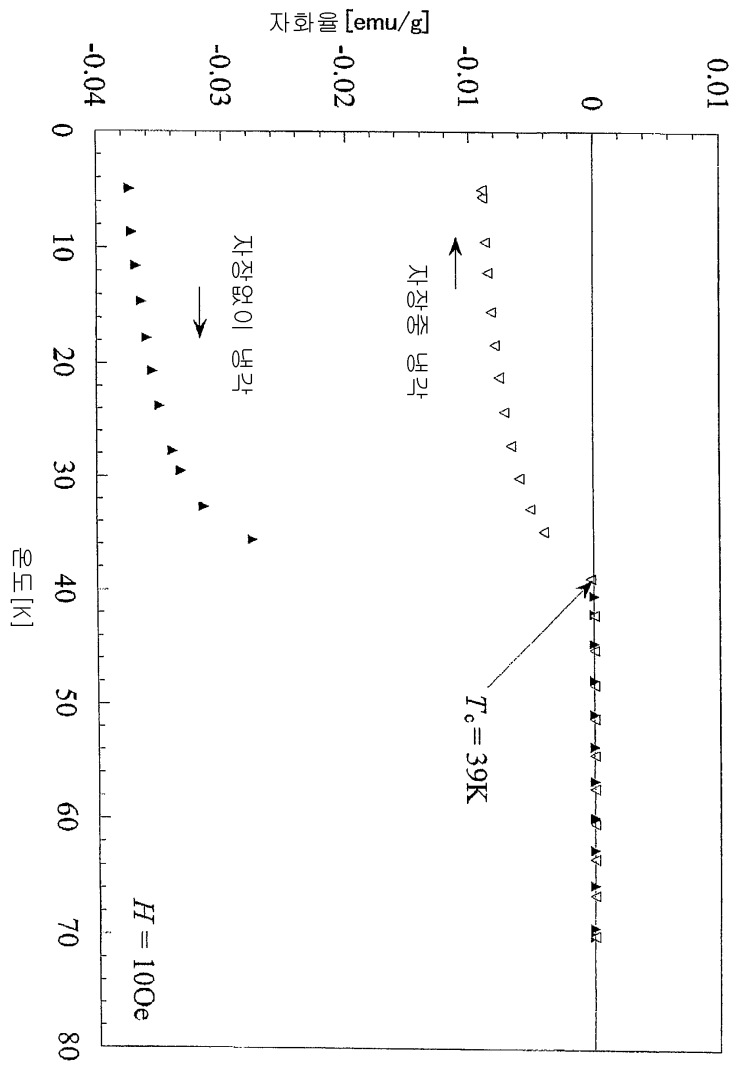
도면4

원자좌표	X	Y	Z
Mg	0.0000	0.0000	0.0000
B	0.3333	0.6666	0.5000

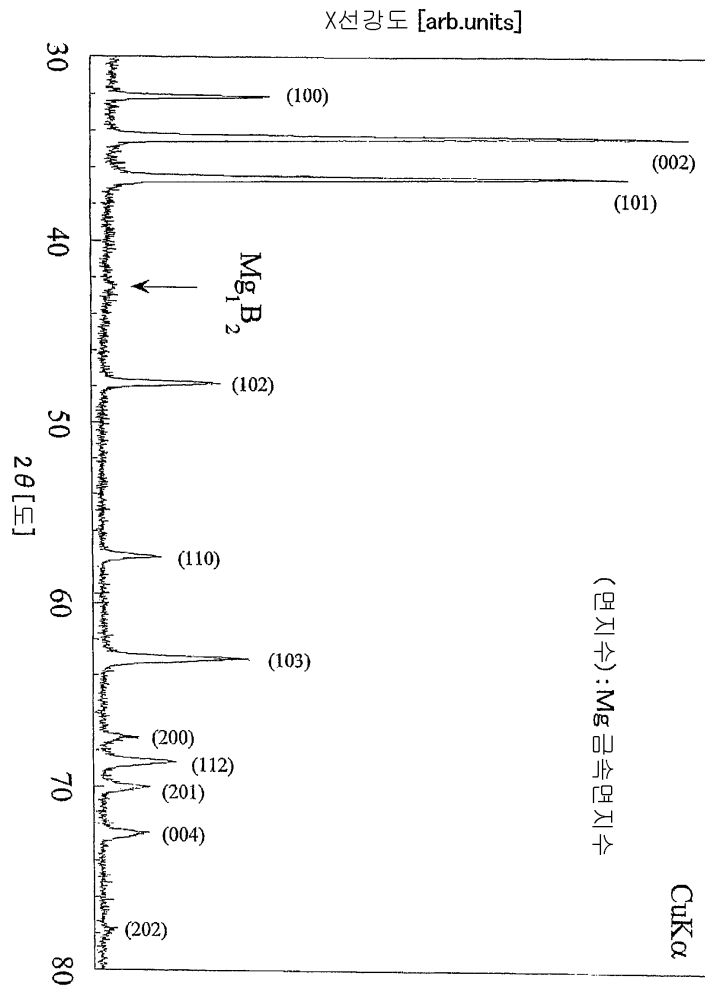
도면5



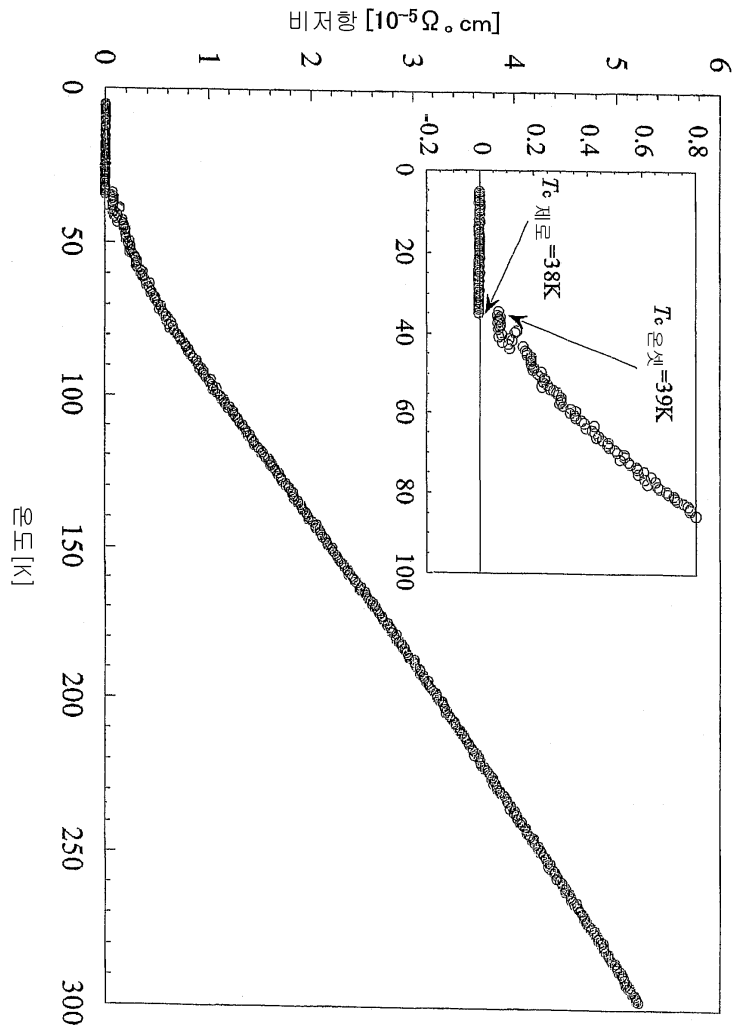
도면6



도면7



도면8



도면9

