



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년10월13일  
(11) 등록번호 10-2589802  
(24) 등록일자 2023년10월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01F 1/057 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)  
H01F 41/02 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
H01F 1/0577 (2013.01)  
C22C 38/005 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7006968
- (22) 출원일자(국제) 2020년07월07일  
심사청구일자 2022년02월28일
- (85) 번역문제출일자 2022년02월28일
- (65) 공개번호 10-2022-0041191
- (43) 공개일자 2022년03월31일
- (86) 국제출원번호 PCT/CN2020/100588
- (87) 국제공개번호 WO 2021/098225  
국제공개일자 2021년05월27일
- (30) 우선권주장  
201911150984.0 2019년11월21일 중국(CN)
- (56) 선행기술조사문헌  
CN103366918 A\*  
CN107887091 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
푸젠 창팅 골든 드래곤 레어-어스 컴퍼니 리미티드  
중국 366300 푸젠 창팅 룽옌 인더스트리얼 뉴 디벨롭트 존
- (72) 발명자  
푸, 강  
중국 푸젠 366300 룽옌 창팅 인더스트리얼 뉴 디벨롭트 존  
황, 자잉  
중국 푸젠 361000 샤먼 하이창 디스트릭트 커징서 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
양영준, 임규빈, 백만기

전체 청구항 수 : 총 10 항

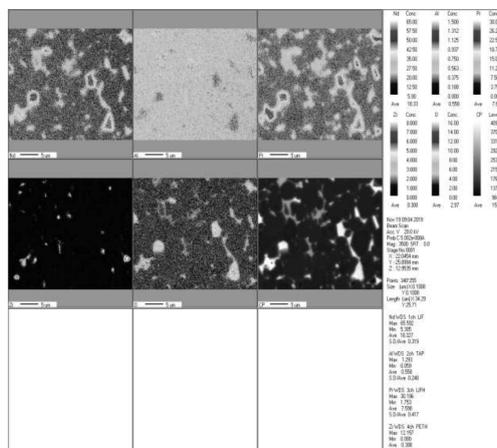
심사관 : 장영주

(54) 발명의 명칭 네오디뮴철붕소 자성체재료, 원료조성물과 제조방법 및 응용

(57) 요약

본 발명은 네오디뮴철붕소 자성체재료, 원료조성물 및 제조방법과 응용을 제공한다. 여기서, 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물은 질량 백분율로 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.5~32.8%, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서, Pr ≥ 17.15%; Al ≥ 0.5%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다. 본 발명중의 네오디뮴철붕소 자성체재료는 중희토류 원소를 첨가하지 않는 전제하에서도 여전히 네오디뮴철붕소 자성체재료의 성능을 현저히 향상시킨다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H01F 41/0266* (2013.01)

*H01F 41/0293* (2013.01)

*C22C 2202/02* (2013.01)

(72) 발명자

**황, 지상**

중국 푸젠 366300 룡옌 창팅 인더스트리얼 뉴 디벨  
롭트 존

**취안, 치첸**

중국 푸젠 366300 룡옌 창팅 인더스트리얼 뉴 디벨  
롭트 존

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

질량 백분율로 다음의 성분을 포함하는 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물에 있어서,

R' : 29.5~32.8%, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서, 상기 Pr  $\geq$  17.15%;

Al :  $\geq$  0.5%;

B : 0.90~1.2%;

Fe : 60~68%;

상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 1~2.5%이며;

상기 RH의 종류는 Dy 및 Tb 중의 적어도 하나이며, 상기 RH의 종류가 Tb일 경우, 상기 Tb의 함량은 0.5~2%이며;

백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미하는 것을 특징으로 하는 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 Pr의 함량은 17.15~30%이며;

상기 Nd와 상기 R'의 총질량의 비값이 0.5미만이며;

상기 Nd의 함량은 15%이하이며;

상기 Al의 함량은 0.5~3wt%이며;

상기 B의 함량은 0.95~1.2%이며;

상기 Fe의 함량은 60~67.515%이며;

상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 Cu를 더 포함하며;

상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 Ga를 더 포함하며;

상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 N를 더 포함하며; 상기 N의 종류는 Zr, Nb, Hf 또는 Ti를 포함하며;

상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 Co를 더 포함하며;

상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 O를 더 포함하며;

상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 Zn, Ag, In, Sn, V, Cr, Mo, Ta와 W중의 하나 이상을 더 포함할 수 있는 것을 특징으로 하는 원료조성물.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 RH와 상기 R'의 질량비는 0.253미만이며;

상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 Cu를 더 포함하는 경우, 상기 Cu의 함량은 0.1~1.2%이며;

상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 Ga를 더 포함하는 경우, 상기 Ga의 함량은 0.45wt%이하이며;

상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 Zr를 더 포함하는 경우, 상기 Zr의 함량은 0.05~0.5%이며;

상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 Co를 더 포함하는 경우, 상기 Co의 함량은 0.5~3%이며;  
 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 O를 더 포함하는 경우, 상기 O의 함량은 0.13%이하이며;  
 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 Zn을 더 포함하는 경우, 상기 Zn의 함량은 0.01~0.1%이며;  
 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물중에 Mo을 더 포함하는 경우, 상기 Mo의 함량은 0.01~0.1%인 것을 특징으로 하는 원료조성물.

**청구항 4**

제3항에 있어서,  
 상기 RH와 상기 R'의 질량비는 0~0.08이며;  
 상기 RH중에 Dy를 함유하는 경우, 상기 Dy의 함량은 0.5wt%이하인 것을 특징으로 하는 원료조성물.

**청구항 5**

제1항에 있어서,  
 질량 백분율로 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.5~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서, 상기 Pr ≥ 17.15%; Al : ≥ 0.5%; Cu : ≤ 1.2%; Zr : 0.25~0.3%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%인 것을 특징으로 하는 원료조성물.

**청구항 6**

제5항에 있어서,  
 상기 Pr의 함량은 17.15~30%이며; 상기 Al의 함량은 0.5~3%이며; 상기 Cu의 함량은 0.35~1.2%인 것을 특징으로 하는 원료조성물.

**청구항 7**

제1항에 있어서, 질량 백분율로 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.5~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서, 상기 Pr ≥ 17.15%; Al : ≥ 0.5%; Ga ≤ 0.42%; Cu : ≤ 1.2%; Zr : 0.25~0.3%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%인 것을 특징으로 하는 원료조성물.

**청구항 8**

제7항에 있어서,  
 상기 Pr의 함량은 17.15~30%이며; 상기 Al의 함량은 0.5~3%이며; 상기 Cu의 함량은 0.35~1.2%인 것을 특징으로 하는 원료조성물.

**청구항 9**

제1~8항 중 임의의 한 항에 기재된 원료조성물을 채용하는 네오디뮴철붕소 자성체재료의 제조방법에 있어서,  
 상기 제조방법은 제1~8항 중 임의의 한 항에 기재된 원료조성물의 용융액을 주조, 수소파쇄, 성형, 소결 및 시효처리를 거치는 절차를 포함하는 것을 특징으로 하는 네오디뮴철붕소 자성체재료의 제조방법.

**청구항 10**

제9항에 있어서,  
 상기 소결후, 상기 시효처리전에 입계 확산 처리를 더 실행하는 것을 특징으로 하는 네오디뮴철붕소 자성체재료의 제조방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 구체적으로 네오디뮴철붕소 자성체재료, 원료조성물과 제조방법 및 응용에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002]  $Nd_2Fe_{14}B$ 를 주성분으로 하는 네오디뮴철붕소( $NdFeB$ ) 자성체재료는 높은 잔류자기(remanence, Br로 약칭), 보자력 및 최대자기에너지적(maximum energy product, BHmax로 약칭)을 갖고 있으며, 종합적 자기 특성이 우수하며, 풍력 발전, 신에너지 자동차, 인버터 가전 등 방면에 응용되고 있다. 현재, 선행기술에서 네오디뮴철붕소 자성체재료중의 희토류 성분은 일반적으로 주로 네오디뮴이고, 프라세오디뮴은 소량일 뿐이다. 현재 선행기술중에 네오디뮴의 일부를 프라세오디뮴으로 대체하는 것이 자성체재료의 성능을 향상시킬 수 있다는 것이 소량 보고되어 있지만, 개선 정도는 제한적이며, 현저한 개선은 여전히 없다. 한편, 선행기술중에서 보자력 및 잔류자기 특성이 모두 좋은 네오디뮴철붕소 자성체재료는 동시에 대량의 중희토류 원소의 첨가에 의존해야 하고, 비용이 비싸게 된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0003] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 선행기술중 네오디뮴철붕소 자성체재료에서 네오디뮴의 일부를 프라세오디뮴으로 대체한 후에도 자성체재료의 보자력 및 잔류자기가 현저하게 향상되지 않고 또한 여전히 많은 량의 중희토류 원소를 첨가해야 자성체재료의 성능을 우수하게 하는 결함을 극복하고, 네오디뮴철붕소 자성체재료, 원료조성물과 제조방법 및 응용을 제공하는 것이다. 본 발명의 네오디뮴철붕소 자성체재료는 중희토류 원소를 첨가하지 않는 전제하에서, 여전히 네오디뮴철붕소 자성체재료의 성능을 현저히 향상시킬 수 있다.

[0004] 본 발명은 다음과 같은 기술적수단을 통하여 상기 기술적과제를 해결한다.

[0005] 본 발명은 질량 백분율로 다음의 성분을 포함하는 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물을 제공하며,

[0006] R' : 29.5~32.8%, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서, 상기  $Pr \geq 17.15\%$ ;

[0007] Al  $\geq 0.5\%$ ;

[0008] B : 0.90~1.2%;

[0009] Fe : 60~68%;

[0010] 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0011] 본 발명에 있어서, 상기 Pr의 함량은 바람직하게는 17.15~30%이며, 예를 들어 17.15%, 18.15%, 19.15%, 20.15%, 21.15%, 22.85%, 23.15%, 24.15%, 25.15%, 26.5%, 27.15% 또는 30%이며; 더 바람직하게는 21~26.5%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0012] 본 발명에 있어서, 상기 Nd와 상기 R'의 총질량의 비값은 바람직하게는 0.5미만이며, 더 바람직하게는 0.04~0.44, 예를 들어 0.04, 0.07, 0.12, 0.14, 0.15, 0.18, 0.2, 0.21, 0.22, 0.27, 0.36, 0.37, 0.38, 0.4, 0.41 또는 0.44이다.

[0013] 본 발명에 있어서, 상기 Nd의 함량은 바람직하게는 15%이하이며, 더 바람직하게는 1.5~14%이며, 예를 들어 1.5%, 2.45%, 3.85%, 4.05%, 4.55%, 4.85%, 5.85%, 6.65%, 6.85%, 8.35%, 11.65%, 11.85%, 12.85% 또는 13.85%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0014] 본 발명에 있어서, 상기 R'은 바람직하게는 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 종류는 바람직하게는 Dy, Tb와 Ho중의 하나 이상을 포함하며, 더 바람직하게는 Dy 및/또는 Tb이다.

[0015] 여기서, 상기 RH와 상기 R'의 질량비는 바람직하게는 0.253미만이며, 더 바람직하게는 0~0.08, 예를 들어 1/30.5, 1/32, 1.5/31.85, 2.3/31.9, 1/31, 1.2/30.2, 1.4/30.4, 1.7/30.7, 1.9/31.9, 2.1/31.8, 2.3/31.5, 1/30.5, 1.7/31.7, 1.2/31.2, 1.4/31.4, 1.7/31.7, 0.5/31.5, 0.5/31.3, 1/30.5 또는 2.7/32.7이다.

[0016] 여기서, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 0.5~2.7%, 예를 들어 0.5%, 1%, 1.2%, 1.4%, 1.5%, 1.7%, 1.9%, 2.1%, 2.3% 또는 2.7%이며, 더 바람직하게는 1~2.5%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의

총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

- [0017] 상기 RH중에 Tb를 함유하는 경우, 상기 Tb의 함량은 바람직하게는 0.5~2wt%이며, 예를 들어 0.5%, 0.7%, 0.8%, 0.9%, 1%, 1.2%, 1.5%, 1.6%, 1.8% 또는 2%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.
- [0018] 상기 RH중에 Dy를 함유하는 경우, 상기Dy의 함량은 바람직하게는 0.5wt%이하이며, 예를 들어 0.1%, 0.2%, 0.3% 또는 0.5%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.
- [0019] 상기 RH중에 Ho를 함유하는 경우, 상기 Ho의 함량은 본 분야에서의 통상의 첨가량일 수 있으며, 일반적으로 0.8~2.0%이며, 예를 들어 1%이다.
- [0020] 본 발명에 있어서, 상기 Al의 함량은 바람직하게는 0.5~3wt%, 예를 들어 0.5%, 0.6%, 0.8%, 0.9%, 1%, 1.1%, 1.2%, 1.3%, 1.4%, 1.5%, 1.6%, 1.7%, 1.8%, 1.9%, 2.0%, 2.1%, 2.2%, 2.3%, 2.5%, 2.7%, 2.8%, 2.9% 또는 3%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.
- [0021] 본 발명에 있어서, 상기 B의 함량은 바람직하게는 0.95~1.2%, 예를 들어 0.95%, 0.96%, 0.98%, 0.985%, 0.99%, 1%, 1.1% 또는 1.2%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.
- [0022] 본 발명에 있어서, 상기 Fe의 함량은 바람직하게는 60~67.515%이며, 예를 들어 60.03%, 62.76%, 62.96%, 63.145%, 63.735%, 63.885%, 63.935%, 64.04%, 64.265%, 64.315%, 64.57%, 64.735%, 64.815%, 64.865%, 64.97%, 64.985%, 65.015%, 65.065%, 65.115%, 65.135%, 65.265%, 65.315%, 65.365%, 65.385%, 65.515%, 65.56%, 65.665%, 65.715%, 65.765%, 65.815%, 65.85%, 65.985%, 65.915%, 65.9655%, 65.995%, 66.065%, 66.115%, 66.165%, 66.215%, 66.315%, 66.465%, 66.515%, 66.665%, 66.715%, 66.75%, 66.815%, 66.915%, 67.115%, 67.215%, 67.315%, 67.4%, 67.415%, 67.515% 또는 67.615%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.
- [0023] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물에는 바람직하게는 Cu를 더 포함한다.
- [0024] 본 발명에 있어서, 상기 Cu의 함량은 바람직하게는 0.1~1.2%이며, 예를 들어 0.1%, 0.35%, 0.4%, 0.45%, 0.48%, 0.5%, 0.55%, 0.6%, 0.65%, 0.7%, 0.75%, 0.8%, 0.85%, 0.9%, 1% 또는 1.1%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.
- [0025] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 바람직하게는 Ga를 더 포함한다.
- [0026] 본 발명에 있어서, 상기 Ga의 함량은 바람직하게는 0.45wt%이하이며, 예를 들어 0.05%, 0.1%, 0.2%, 0.25%, 0.3%, 0.35% 또는 0.42%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.
- [0027] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물은 바람직하게는 N를 더 포함하며, 상기 N의 종류는 바람직하게는 Zr, Nb, Hf 또는 Ti를 포함한다.
- [0028] 여기서, 상기 Zr의 함량은 바람직하게는 0.05~0.5%, 예를 들어 0.1%, 0.2%, 0.25%, 0.28%, 0.3% 또는 0.35%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.
- [0029] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물에는 바람직하게는 Co를 더 포함한다.
- [0030] 본 발명에 있어서, 상기 Co의 함량은 바람직하게는 0.5~3%, 예를 들어 1% 또는 3%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.
- [0031] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물은 0를 더 포함한다.
- [0032] 여기서, 상기 0의 함량은 바람직하게는 0.13%이하이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.
- [0033] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물은 본 분야에서 흔히 보이는 기타 원소, 예를 들어 Zn, Ag, In, Sn, V, Cr, Mo, Ta와 W중의 하나 이상을 더 포함할 수 있다.
- [0034] 여기서, 상기 Zn의 함량은 본 분야에서의 통상의 함량일 수 있고, 바람직하게는 0.01~0.1%이며, 예를 들어

0.02% 또는 0.05%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0035] 여기서, 상기 Mo의 함량은 본 분야에서 통상의 함량일 수 있고, 바람직하게는 0.01~0.1%이며, 예를 들어 0.02% 또는 0.05%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0036] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물은 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.5~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.15%; Al :  $\geq$  0.5%; Cu :  $\leq$  1.2%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.15~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.5~3%이며; 더 바람직하게는 상기 Cu의 함량은 0.35~1.3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며; 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0037] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물은 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.5~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.15%; Al :  $\geq$  0.5%; Zr : 0.25~0.3%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%이며; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.15~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.5~3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며; 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0038] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물은 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.5~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.15%; Al :  $\geq$  0.5%; Cu :  $\leq$  1.2%; Zr : 0.25~0.3%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.15~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.5~3%이며; 더 바람직하게는 상기 Cu의 함량은 0.35~1.3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며; 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0039] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물은 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.5~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.15%; Al :  $\geq$  0.5%; Ga  $\leq$  0.42%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.15~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.5~3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며; 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0040] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물은 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.5~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.15%; Al :  $\geq$  0.5%; Ga  $\leq$  0.42%; Cu :  $\leq$  1.2%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.15~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.5~3%이며; 더 바람직하게는 상기 Cu의 함량은 0.35~1.3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며; 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0041] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물은 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.5~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.15%; Al :  $\geq$  0.5%; Ga  $\leq$  0.42%; Zr : 0.25~0.3%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.15~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.5~3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며; 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0042] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물은 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.5~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.15%; Al :  $\geq$  0.5%; Ga  $\leq$  0.42%; Cu :  $\leq$  1.2%; Zr : 0.25~0.3%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는

상기 Pr의 함량은 17.15~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.5~3%이며; 더 바람직하게는 상기 Cu의 함량은 0.35~1.3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'는 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며, 상기 RH의 종류는 바람직하게는 Dy 및/또는 Tb이며, 여기서 상기 Tb의 함량은 바람직하게는 0.5~2%이며; 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

- [0043] 또한, 본 발명은 상기 프라세오디뮴과 알루미늄을 함유하는 니오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물을 채용하는 니오디뮴철붕소 자성체재료의 제조방법을 제공한다.
- [0044] 본 발명에 있어서, 상기 제조방법은 바람직하게는 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 용융액을 주조, 수소파쇄, 성형, 소결 및 시효처리를 거치게 하면 되는 절차를 포함한다.
- [0045] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 용융액은 본 분야에서의 통상의 방법으로 제조할 수 있으며, 예를 들면 고주파 진공 유도 용해로에서 용해 제련하면 된다. 상기 용해로의 진공도는  $5 \times 10^{-2}$  Pa일 수 있다. 상기 용해 제련의 온도는  $1500^{\circ}\text{C}$ 이하일 수 있다.
- [0046] 본 발명에 있어서, 상기 주조의 조작과 조건은 본 분야에서의 통상의 조작과 조건일 수 있으며, 예를 들면 Ar가스 분위기 (예를 들면  $5.5 \times 10^4$  Pa의 Ar가스 분위기)하에서  $10^2$ °C/초~ $10^4$ °C/s의 속도로 냉각시키면 된다.
- [0047] 본 발명에 있어서, 상기 수소파쇄의 조작과 조건은 본 분야에서의 통상의 조작과 조건일 수 있으며, 예를 들면 수소흡수, 탈수소, 냉각 처리를 거치면 된다
- [0048] 여기서, 상기 수소흡수는 수소 가스 압력 0.15MPa의 조건하에서 진행할 수 있다.
- [0049] 여기서, 상기 탈수소는 진공흡입하면서 승온하는 조건하에서 진행할 수 있다.
- [0050] 본 발명에 있어서, 상기 수소파쇄후에 진일보 본 분야에서의 통상의 수단에 의해 분쇄를 실행할 수 있다. 상기 분쇄 공정은 본 분야에서의 통상의 분쇄 공정, 예를 들어 체트 밀에 의한 분쇄일 수 있다. 상기 체트 밀에 의한 분쇄는 산화 가스 함유량 150ppm이하의 질소 가스 분위기하에서 실시할 수 있다. 상기 산화 가스는 산소 가스 또는 수분의 함량을 가리킨다. 상기 체트 밀에 의한 분쇄의 분쇄 챔버 압력은 바람직하게는 0.38MPa이어도 좋다. 상기 체트 밀에 의한 분쇄의 시간은 바람직하게는 3시간이다.
- [0051] 여기서, 상기 분쇄후, 본 분야에서의 통상의 수단으로 윤활제, 예를 들어 스테아린산 아연을 첨가할 수 있으며, 상기 윤활제의 첨가량은 혼합후 분말 중량의 0.10~0.15%, 예를 들어 0.12%일 수 있다.
- [0052] 본 발명에 있어서, 상기 성형의 조작과 조건은 본 분야에서의 통상의 조작과 조건일 수 있으며, 예를 들면 자기장 성형법 또는 열간가압 열간변형 방법일 수 있다.
- [0053] 본 발명에 있어서, 상기 소결의 조작과 조건은 본 분야에서의 통상의 조작과 조건일 수 있다. 예를 들어 진공 조건 (예를 들면  $5 \times 10^{-3}$  Pa의 진공)하에서 예열, 소결, 냉각을 거치면 된다.
- [0054] 여기서, 상기 예열 온도는 일반적으로  $300\sim 600^{\circ}\text{C}$ 이다. 상기 예열 시간은 일반적으로 1~2h이다. 상기 예열은  $300^{\circ}\text{C}$ 와  $600^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 각각 1시간동안 예열하는 것이 바람직하다.
- [0055] 여기서, 상기 소결 온도는  $1030^{\circ}\text{C}\sim 1080^{\circ}\text{C}$ 인 것이 바람직하며, 예를 들면  $1040^{\circ}\text{C}$ 이다.
- [0056] 여기서, 상기 소결 시간은 본 분야에서의 통상의 소결 시간, 예를 들면 2h일 수 있다.
- [0057] 여기서, 상기 냉각전에 가스 압력이 0.1MPa에 도달하도록 Ar가스를 도입할 수 있다.
- [0058] 본 발명에 있어서, 상기 소결후, 상기 시효처리전에 바람직하게는 입계 확산 처리를 더 실행한다.
- [0059] 여기서, 상기 입계 확산 처리의 조작과 조건은 본 분야에서의 통상의 조작과 조건일 수 있다. 예를 들면 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 표면에 Tb를 함유하는 물질 및/또는 Dy를 함유하는 물질을 증착, 도포 또는 스퍼터 고착시키고 확산 열처리를 하면 된다.
- [0060] 상기 Tb를 함유하는 물질은 Tb금속, Tb를 함유하는 화합물, 예를 들면 Tb를 함유하는 불소화물 또는 합금일 수 있다.
- [0061] 상기 Dy를 함유하는 물질은 Dy금속, Dy를 함유하는 화합물, 예를 들면 Dy를 함유하는 불소화물 또는 합금일 수

있다.

- [0062] 상기 확산 열처리 온도는 800~900℃, 예를 들면 850℃일 수 있다.
- [0063] 상기 확산 열처리 시간은 12~48h, 예를 들면 24h일 수 있다.
- [0064] 본 발명에 있어서, 상기 시효처리중에서 2차 시효처리의 온도는 바람직하게는 550~650℃, 예를 들면 550℃이다.
- [0065] 본 발명에 있어서, 상기 2차 시효처리중에서 550~650℃까지 승온하는 승온속도는 바람직하게는 3~5℃/min이다. 상기 승온의 시발점은 실온일 수 있다.
- [0066] 본 발명에 있어서, 상기 실온은 25℃±5℃를 가리킨다.
- [0067] 또한, 본 발명은 상기 제조방법을 채용하여 획득하는 니오디뮴철붕소 자성체재료를 제공한다.
- [0068] 또한, 본 발명은 질량 백분율로 이하의 함량의 성분을 포함하는 니오디뮴철붕소 자성체재료를 제공하며,
- [0069] R' : 29.4~32.8%, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr ≥ 17.12%;
- [0070] Al : ≥ 0.48%;
- [0071] B : 0.90~1.2%;
- [0072] Fe : 60~68%; 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0073] 본 발명에 있어서, 상기 Pr의 함량은 바람직하게는 17.12~30%, 예를 들어 17.12%, 17.13%, 17.14%, 17.15%, 18.13%, 18.14%, 18.15%, 18.16%, 19.12%, 19.14%, 20.05%, 20.13%, 20.14%, 21.12%, 21.13%, 21.14%, 21.15%, 21.16%, 23.11%, 23.12%, 23.13%, 13.15%, 24.16%, 25.12%, 25.13%, 25.14%, 25.16%, 25.17%, 26.52%, 27.15% 또는 30%이며, 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0074] 본 발명에 있어서, 상기 Nd의 함량은 바람직하게는 15%이하이며, 더 바람직하게는 1.5~14%이며, 예를 들어 1.5%, 2.45%, 3.83%, 3.84%, 3.86%, 3.89%, 4.03%, 4.52%, 4.82%, 4.83%, 4.84%, 4.86%, 4.87%, 5.84%, 6.82%, 6.83%, 6.84%, 6.86%, 8.33%, 8.34%, 8.35%, 8.36%, 11.55%, 11.63%, 11.64%, 11.66%, 11.85%, 12.82%, 12.83%, 12.84%, 12.85%, 12.89%, 13.81%, 13.82%, 13.84% 또는 13.85%이며, 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0075] 본 발명에 있어서, 상기 R'은 바람직하게는 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 종류는 바람직하게는 Dy, Tb와 Ho중의 하나 이상을 포함하며, 더 바람직하게는 Dy 및/또는 Tb이다.
- [0076] 여기서, 상기 RH와 상기 R'의 질량비는 바람직하게는 < 0.253이며, 더 바람직하게는 0~0.08이다.
- [0077] 여기서, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 3%이하이며, 바람직하게는 0.4~3%이며, 예를 들어 0.48%, 0.51%, 0.56%, 1%, 1.02%, 1.03%, 1.04%, 1.19%, 1.21%, 1.25%, 1.42%, 1.43%, 1.52%, 1.7%, 1.71%, 1.72%, 1.91%, 2.13%, 2.33%, 2.69% 또는 2.71%이며, 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0078] 상기 RH중에 Tb를 함유하는 경우, 상기 Tb의 함량은 바람직하게는 0.5~2.1%, 예를 들어 0.51%, 0.56%, 0.69%, 0.71%, 0.81%, 0.83%, 0.88%, 0.9%, 1%, 1.01%, 1.02%, 1.03%, 1.04%, 1.2%, 1.21%, 1.5%, 1.58%, 1.59%, 1.6%, 1.8%, 2.01% 또는 1.02%이며, 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0079] 상기 RH중에 Dy를 함유하는 경우, 상기Dy의 함량은 바람직하게는 0.51%이하이며, 바람직하게는 0.1~0.51%이며, 예를 들어 0.11%, 0.12%, 0.13%, 0.19%, 0.21%, 0.22%, 0.23%, 0.29%, 0.31%, 0.32%, 0.48%, 0.49% 또는 0.51%이며, 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0080] 상기 RH중에 Ho를 함유하는 경우, 상기 Ho의 함량은 본 분야에서의 통상의 첨가량일 수 있으며, 일반적으로 0.8~2%이며, 예를 들어 1%이며, 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0081] 본 발명에 있어서, 상기 Al의 함량은 바람직하게는 0.48~3%이며, 예를 들어 0.48%, 0.49%, 0.58%, 0.6%, 0.61%, 0.8%, 0.82%, 0.83%, 0.89%, 0.9%, 0.91%, 0.92%, 1.01%, 1.02%, 1.03%, 1.04%, 1.09%, 1.21%, 1.22%,

1.23%, 1.31%, 1.42%, 1.49%, 1.51%, 1.52%, 1.53%, 1.62%, 1.63%, 1.7%, 1.79%, 1.81%, 1.82%, 1.9%, 1.91%, 1.92%, 2.01%, 2.02%, 2.03%, 1.12%, 2.21%, 2.3%, 2.31%, 2.52%, 2.71%, 2.91% 또는 2.98%이며, 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.

[0082] 본 발명에 있어서, 상기 B의 함량은 바람직하게는 0.95~1.2%, 예를 들어 0.951%, 0.962%, 0.981%, 0.982%, 0.983%, 0.984%, 0.985%, 0.986%, 0.99%, 0.998%, 1.03% 또는 1.11%이며, 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.

[0083] 본 발명에 있어서, 상기 Fe의 함량은 바람직하게는 59.9~67.7%, 예를 들어 59.932%, 62.8%, 62.88%, 63.136%, 63.896%, 64.029%, 64.234%, 64.266%, 64.566%, 64.799%, 64.897%, 64.915%, 64.985%, 64.987%, 65.084%, 65.096%, 65.146%, 65.264%, 65.299%, 65.309%, 65.327%, 65.347%, 65.385%, 65.514%, 65.524%, 65.548%, 65.664%, 65.665%, 65.689%, 65.779%, 65.829%, 65.867%, 65.877%, 65.896%, 65.944%, 66.019%, 66.047%, 66.174%, 66.236%, 66.249%, 66.327%, 66.386%, 66.496%, 66.534%, 66.964%, 66.699%, 66.73%, 66.847%, 66.917%, 67.029%, 67.088%, 67.115%, 67.216%, 67.224%, 67.315%, 67.426%, 67.45%, 67.526%, 67.587% 또는 67.607%이며, 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.

[0084] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 바람직하게는 Cu를 더 포함한다.

[0085] 본 발명에 있어서, 상기 Cu의 함량은 바람직하게는 1.2%이하이며, 예를 들어 0.11%, 0.34%, 0.35%, 0.4%, 0.41%, 0.45%, 0.5%, 0.51%, 0.55%, 0.6%, 0.63%, 0.65%, 0.72%, 0.75%, 0.81%, 0.85%, 0.91%, 1.02%, 1.03%, 1.04% 또는 1.11%이며, 더 바람직하게는 0.34~1.3%이며, 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.

[0086] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 바람직하게는 Ga를 더 포함한다.

[0087] 본 발명에 있어서, 상기 Ga의 함량은 바람직하게는 0.42%이하이며, 예를 들어 0.05%, 0.1%, 0.2%, 0.23%, 0.25%, 0.251%, 0.31%, 0.34%, 0.36%, 0.41%, 0.42%, 0.43% 또는 0.44%이며, 더 바람직하게는 0.25~0.42%이며, 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.

[0088] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 바람직하게는 N를 더 포함하며, 상기 N의 종류는 바람직하게는 Zr, Nb, Hf 또는 Ti를 포함한다.

[0089] 여기서, 상기 Zr의 함량은 바람직하게는 0.05~0.5%이며, 예를 들어 0.1%, 0.11%, 0.2%, 0.22%, 0.24%, 0.25%, 0.27%, 0.28%, 0.3%, 0.31%, 0.32%, 0.34%, 0.35%, 0.36%, 0.37% 또는 0.38%이며, 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.

[0090] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 바람직하게는 Co를 더 포함한다.

[0091] 본 발명에 있어서, 상기 Co의 함량은 바람직하게는 0.5~3.5%이며, 예를 들어 1% 또는 3.03%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0092] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 일반적으로 O를 더 포함한다.

[0093] 여기서, 상기 O의 함량은 바람직하게는 0.13%이하이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0094] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 본 분야에서 흔히 보이는 기타 원소, 예를 들어 Zn, Ag, In, Sn, V, Cr, Nb, Mo, Ta와 W중의 하나 이상을 더 포함할 수 있다.

[0095] 여기서, 상기 Zn의 함량은 본 분야에서의 통상의 함량일 수 있으며, 바람직하게는 0.01~0.1%, 예를 들어 0.03% 또는 0.04%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0096] 여기서, 상기 Mo의 함량은 본 분야에서의 통상의 함량일 수 있으며, 바람직하게는 0.01~0.1%, 예를 들어 0.02% 또는 0.06%이며, 백분율은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율을 의미한다.

[0097] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.4~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr ≥ 17.12%; Al : ≥ 0.48%; Cu : ≤ 1.2%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.12~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.48~3%이며; 더 바람직하게는 상기 Cu의 함량은 0.34~1.3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'는 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며; 백

분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.

- [0098] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.4~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.12%; Al :  $\geq$  0.48%; Zr : 0.25~0.3%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.12~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.48~3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며; 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0099] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.4~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.12%; Al :  $\geq$  0.48%; Cu :  $\leq$  1.2%; Zr : 0.25~0.3%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.12~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.48~3%이며; 더 바람직하게는 상기 Cu의 함량은 0.34~1.3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며; 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0100] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.4~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.12%; Al :  $\geq$  0.48%; Ga  $\leq$  0.44%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.12~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.48~3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며; 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0101] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 질량 백분율로, 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.4~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.12%; Al :  $\geq$  0.48%; Ga  $\leq$  0.44%; Cu :  $\leq$  1.2%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.15~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.48~3%이며; 더 바람직하게는, 상기 Cu의 함량은 0.34~1.3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며; 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0102] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.4~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.12%; Al :  $\geq$  0.48%; Ga  $\leq$  0.44%; Zr : 0.25~0.3%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.12~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.48~3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며; 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0103] 본 발명에 있어서, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료는 질량 백분율로 바람직하게는 이하의 함량의 성분을 포함하며, R' : 29.4~32.8%, 상기 R'은 희토류 원소이며, 상기 R'에 Pr과 Nd가 포함되며; 여기서 상기 Pr  $\geq$  17.12%; Al :  $\geq$  0.48%; Ga  $\leq$  0.44%; Cu :  $\leq$  1.2%; Zr : 0.25~0.3%; B : 0.90~1.2%; Fe : 60~68%; 더 바람직하게는 상기 Pr의 함량은 17.12~30%이며; 더 바람직하게는 상기 Al의 함량은 0.5~3%이며; 더 바람직하게는 상기 Cu의 함량은 0.34~1.3%이며; 더 바람직하게는 상기 R'은 RH를 더 포함하며, 상기 RH는 중희토류 원소이며, 상기 RH의 함량은 바람직하게는 1~2.5%이며, 상기 RH의 종류는 바람직하게는 Dy 및/또는 Tb이며, 여기서 상기 Tb의 함량은 바람직하게는 0.5~2%이며; 백분율은 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 총질량에서 차지하는 질량 백분율이다.
- [0104] 또한, 본 발명은 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 결정입간 삼각구에서 Pr과 Al의 총질량과 Nd와 Al의 총질량의 비값  $\leq$  1.0인 네오디뮴철붕소 자성체재료를 제공한다.
- [0105] 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 입계에서 Pr과 Al의 총질량과 Nd와 Al의 총질량의 비값  $\geq$  0.1이다.
- [0106] 바람직하게는, 상기 네오디뮴철붕소 자성체재료의 성분은 위에 기재된 네오디뮴철붕소 자성체재료의 성분이다.
- [0107] 본 발명에 있어서, 상기 입계는 두개의 결정입간의 경계를 가리키며, 상기 결정입간 삼각구는 세개 및 세개 이상의 결정입으로 이루어지는 틈새를 가리킨다.
- [0108] 또한, 본 발명은 모터에 있어서의 상기 니오디뮴철붕소 자성체재료의 전자 부품으로서의 응용을 제공한다.
- [0109] 본 분야의 상식에 부합되는 것을 기초로 하여, 상기 각 바람직한 조건을 임의로 조합하여 본 발명의 각 바람직

한 실시예를 얻을 수 있다.

[0110] 본 발명에 사용되는 시약 및 원료는 모두 시판으로 획득할 수 있다.

**발명의 효과**

[0111] 본 발명의 적극적 및 진보적 효과는 다음과 같은 점에 있다:

[0112] 선행기술중에서 네오디뮴철붕소 자성체재료에 프라세오디뮴과 알루미늄을 첨가하면, 보자력을 높으게 하지만, 동시에 잔류자기를 낮추게 된다. 발명인은 대량의 실험을 거친 결과, 특정된 함량의 프라세오디뮴과 알루미늄을 조합하면 협동으로 작용할 수 있음, 즉 특정된 함량의 프라세오디뮴과 알루미늄을 동시에 첨가하면 니오디뮴철붕소 자성체의 보자력을 보다 더 현저히 향상시키며, 이와 같은 동시에 잔류자기를 약간 저하시킬 뿐임을 발견하였다. 그리고, 본 발명중의 자성체재료는 중희토류 원소를 첨가하지 않는 정황하에서도 자성체재료의 보자력과 잔류자기가 여전히 높았다.

**도면의 간단한 설명**

[0113] 도1은 실시예11의 니오디뮴철붕소 자성체재료의 분포도이다.

도2는 실시예11의 니오디뮴철붕소 자성체재료의 입계에서의 원소분포도이며, 도중의 1은 입계에서 정량 분석에 의해 취한 점이다.

도3는 실시예11의 니오디뮴철붕소 자성체재료의 결정입간 삼각구의 원소분포도이며, 도중의 1은 결정입간 삼각구에서 정량 분석에 의해 취한 점이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0114] 이하, 실시예의 양태에 의해 본 발명을 진일보 설명하지만, 본 발명을 하기 실시예 범위로 제한하는 것은 아니다. 이하의 실시예에 있어서 구체적인 조건이 명시되지 않은 실험방법은 통상의 방법 및 조건에 따라 또는 제품 설명서에 따라 선택된다. 하기 표중, wt%는 상기 R-T-B계 영구자석 재료의 원료조성물중에서의 성분의 질량 백분율이며, "/"는 해당 원소가 첨가되지 않았음을 표시한다. "Br"은 잔류자속밀도이며, "Hcj"는 고유보자력 (intrinsic coercivity)이다.

[0115] 각 실시예1~45와 비교예46~49중의 니오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 배합은 아래의 표1에 나타낸 바와 같다.

표 1

네오디뮴철붕소 자성체재료의 원료조성물의 배합 (wt%)

| No.  | Nd    | Pr    | Dy  | Tb  | Ho | Al  | Cu   | Ga   | Zr   | Co | Zn | Mo | B     | Fe     |
|------|-------|-------|-----|-----|----|-----|------|------|------|----|----|----|-------|--------|
| 1    | 13.85 | 17.15 | /   | /   | /  | 0.5 | /    | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 67.515 |
| 2    | 12.85 | 18.15 | /   | /   | /  | 0.6 | /    | /    | /    | /  | /  | /  | 1     | 67.4   |
| 3    | 11.85 | 19.15 | /   | /   | /  | 0.8 | /    | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 67.215 |
| 4    | 11.65 | 20.15 | /   | /   | /  | 0.9 | /    | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 66.315 |
| 5    | 8.35  | 21.15 | 0.3 | 0.7 | /  | 1   | /    | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 67.515 |
| 6    | 6.85  | 24.15 | 0.5 | 0.5 | /  | 1.2 | /    | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 65.815 |
| 7    | 5.85  | 25.15 | /   | 1   | /  | 1.5 | /    | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 65.515 |
| 8    | 3.85  | 26.5  | /   | 1.5 | /  | 1.8 | /    | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 65.365 |
| 9    | 2.45  | 27.15 | 0.3 | 2   | /  | 2   | /    | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 65.115 |
| 10   | 1.5   | 30    | /   | /   | /  | 2.2 | /    | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 65.315 |
| 11   | 13.85 | 17.15 | /   | /   | /  | 2.5 | /    | /    | 0.25 | /  | /  | /  | 0.985 | 65.265 |
| 12   | 12.85 | 18.15 | /   | /   | /  | 3.0 | /    | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 65.015 |
| 13   | 11.65 | 20.15 | /   | /   | /  | 0.9 | 0.1  | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 66.215 |
| 14   | 12.85 | 18.15 | /   | /   | /  | 1   | 0.35 | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 66.665 |
| 15   | 12.85 | 18.15 | /   | /   | /  | 1.1 | 0.4  | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 66.515 |
| 16   | 11.65 | 20.15 | /   | /   | /  | 1.2 | 0.5  | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 65.515 |
| 17   | 8.35  | 21.15 | /   | /   | /  | 1.3 | 0.6  | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 67.615 |
| 18   | 8.35  | 21.15 | /   | /   | /  | 1.4 | 0.7  | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 67.415 |
| 19   | 6.85  | 24.15 | /   | /   | /  | 1.5 | 0.8  | /    | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 65.715 |
| 20   | 4.85  | 25.15 | 0.3 | 0.7 | /  | 1.6 | /    | 0.25 | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 66.165 |
| 21   | 4.85  | 25.15 | 0.3 | 0.7 | /  | 1.6 | /    | 0.35 | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 66.065 |
| 22   | 4.85  | 25.15 | 0.2 | 0.8 | /  | 1.7 | /    | 0.42 | /    | /  | /  | /  | 0.985 | 65.895 |
| 23   | 4.85  | 25.15 | 0.2 | 0.8 | /  | 1.7 | /    | 0    | 0    | 1  | /  | /  | 0.985 | 65.315 |
| 24   | 4.85  | 25.15 | 0.1 | 0.9 | /  | 1.8 | /    | 0    | 0.25 | /  | /  | /  | 0.985 | 65.965 |
| 25   | 4.85  | 25.15 | 0.1 | 0.9 | /  | 1.8 | /    | 0    | 0.3  | /  | /  | /  | 0.985 | 65.915 |
| 26   | 3.85  | 25.15 | 0.2 | 1   | /  | 1.9 | 0.35 | 0.25 | 0    | /  | /  | /  | 0.985 | 66.315 |
| 27   | 3.85  | 25.15 | 0.2 | 1   | /  | 1.9 | 0.5  | 0.42 | 0    | /  | /  | /  | 0.985 | 65.995 |
| 28   | 3.85  | 25.15 | 0.2 | 1.2 | /  | 2   | /    | 0.25 | 0.25 | /  | /  | /  | 0.985 | 66.115 |
| 29   | 3.85  | 25.15 | 0.2 | 1.2 | /  | 2   | /    | 0.42 | 0.3  | /  | /  | /  | 0.985 | 65.895 |
| 30   | 3.85  | 25.15 | 0.2 | 1.5 | /  | 1   | 0.35 | /    | 0.1  | /  | /  | /  | 1.1   | 66.75  |
| 31   | 4.85  | 25.15 | 0.2 | 1.5 | /  | 1   | 0.35 | /    | 0.2  | /  | /  | /  | 0.985 | 65.765 |
| 32   | 4.85  | 25.15 | 0.1 | 1.6 | /  | 1.2 | 0.5  | /    | 0.25 | /  | /  | /  | 0.985 | 65.365 |
| 33   | 4.85  | 25.15 | 0.1 | 1.8 | /  | 1.2 | 0.5  | /    | 0.28 | /  | /  | /  | 0.985 | 65.135 |
| 34   | 4.55  | 25.15 | 0.1 | 2   | /  | 1.5 | 0.6  | /    | 0.3  | /  | /  | /  | 0.985 | 64.815 |
| 35   | 4.05  | 25.15 | 0.3 | 2   | /  | 1.5 | 0.6  | /    | 0.35 | /  | /  | /  | 0.985 | 65.065 |
| 35.1 | 8.35  | 21.15 | /   | 1   | /  | 0.6 | 0.35 | /    | 0.25 | /  | /  | /  | 0.985 | 67.315 |
| 35.2 | 8.35  | 21.15 | /   | 1   | /  | 0.8 | 0.35 | /    | 0.25 | /  | /  | /  | 0.985 | 67.115 |
| 35.3 | 12.85 | 18.15 | /   | /   | /  | 1.7 | 0.4  | /    | 0.25 | /  | /  | /  | 0.985 | 65.665 |
| 35.4 | 12.85 | 18.15 | /   | /   | /  | 1.9 | 0.45 | /    | 0.28 | /  | /  | /  | 0.985 | 65.385 |

[0116]

|      |       |       |     |     |     |     |      |      |      |   |      |      |       |        |
|------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|---|------|------|-------|--------|
| 35.5 | 13.85 | 17.15 | /   | /   | /   | 2.3 | 0.45 | /    | 0.28 | / | /    | /    | 0.985 | 64.985 |
| 35.6 | 13.85 | 17.15 | 0   | 0   | /   | 2.5 | 0.48 | /    | 0.3  | / | /    | /    | 0.985 | 64.735 |
| 35.7 | 4.85  | 25.15 | 0.2 | 1.5 | /   | 2.8 | 0.48 | /    | 0.3  | / | /    | /    | 0.985 | 63.735 |
| 36   | 6.85  | 23.15 | 0.2 | 1   | /   | 0.5 | 0.35 | 0.05 | 0.1  | / | /    | /    | 0.985 | 66.815 |
| 37   | 6.85  | 23.15 | 0.2 | 1   | /   | 0.6 | 0.45 | 0.1  | 0.2  | / | /    | /    | 0.985 | 66.465 |
| 38   | 6.85  | 23.15 | 0.2 | 1.2 | /   | 0.8 | 0.55 | 0.2  | 0.25 | / | /    | /    | 0.95  | 65.85  |
| 39   | 6.85  | 23.15 | 0.2 | 1.2 | /   | 0.9 | 0.65 | 0.25 | 0.28 | / | /    | /    | 0.96  | 65.56  |
| 40   | 6.85  | 23.15 | 0.2 | 1.5 | /   | 1   | 0.75 | 0.3  | 0.3  | / | /    | /    | 0.98  | 64.97  |
| 41   | 6.85  | 23.15 | 0.2 | 1.5 | /   | 1.2 | 0.85 | 0.35 | 0.35 | / | /    | /    | 0.98  | 64.57  |
| 42   | 6.85  | 23.15 | 0.1 | 1.6 | /   | 1.5 | 1    | 0.42 | 0.35 | / | /    | /    | 0.99  | 64.04  |
| 42.1 | 12.85 | 18.15 | 0.5 | /   | /   | 1.8 | 0.35 | 0.25 | 0.25 | / | /    | /    | 0.985 | 64.865 |
| 42.2 | 12.85 | 18.15 | 0.3 | 0.7 | /   | 2.1 | 0.4  | 0.3  | 0.28 | / | /    | /    | 0.985 | 63.935 |
| 42.3 | 11.65 | 19.15 | /   | 0.5 | /   | 2.3 | 0.5  | 0.35 | 0.3  | / | /    | /    | 0.985 | 64.265 |
| 42.4 | 11.65 | 19.15 | /   | 1   | /   | 2.5 | 0.8  | 0.42 | 0.35 | / | /    | /    | 0.985 | 63.145 |
| 42.5 | 8.35  | 21.15 | /   | 1   | /   | 2.7 | 0.9  | 0.35 | 0.25 | / | /    | /    | 0.985 | 64.315 |
| 42.6 | 8.35  | 21.15 | /   | 1   | /   | 2.9 | 1.1  | 0.35 | 0.28 | / | /    | /    | 0.985 | 63.885 |
| 43   | 6.85  | 23.15 | 0.1 | 1.6 | 1.0 | 1.5 | 1    | 0.42 | 0.35 | 3 | /    | /    | 1     | 60.03  |
| 44   | 6.85  | 23.15 | 0.1 | 1.6 | 1.0 | 1.5 | 1    | 0.42 | 0.35 | / | 0.05 | 0.02 | 1.2   | 62.76  |
| 45   | 6.85  | 23.15 | 0.1 | 1.6 | 1.0 | 1.5 | 1    | 0.42 | 0.35 | / | 0.02 | 0.05 | 1     | 62.96  |
| 46   | 11.65 | 20.15 | /   | /   | /   | 0.4 | 0.1  | /    | /    | / | /    | /    | 0.985 | 66.715 |
| 47   | 11.65 | 20.15 | /   | /   | /   | 0.2 | 0.1  | /    | /    | / | /    | /    | 0.985 | 66.915 |
| 48   | 15.65 | 15.15 | /   | /   | /   | 0.9 | 0.1  | /    | /    | / | /    | /    | 0.985 | 67.215 |
| 49   | 21.65 | 10.15 | /   | /   | /   | 0.9 | 0.1  | /    | /    | / | /    | /    | 0.985 | 66.215 |

[0117]

[0118] 실시예1

[0119] 프라세오디뮴과 알루미늄을 함유하는 네오디뮴철붕소 자성체재료의 제조방법은 다음과 같다 :

[0120] (1) 용해 제련의 과정: 표 1에 나타난 각 실시예과 비교예의 원료조성물의 배합에 따라 조제한 원료를 알루미늄이나 제의 도가니에 넣고, 고주파 진공 유도 용해로에서  $5 \times 10^{-2}$  Pa의 진공중에서 1500℃이하의 온도하에서 진공용해 제련을 실시하였다. 진공용해 제련을 한 후에, 용해로에 Ar 가스를 도입하여 기압이 5.5만Pa에 도달하게 한 후 주조하고,  $10^2$ ℃/초~ $10^4$ ℃/초의 냉각속도로 급냉 합금을 얻었다.

[0121] (2) 수소파쇄(hydrogen Decrepitation)의 과정: 실온하에서 급냉 합금을 방치한 수소파쇄용 도가니를 진공흡입 한 후, 순도 99.9%의 수소 가스를 수소파쇄용 도가니내에 도입하고 수소가스 압력을 0.15MPa로 유지하였다. 수소흡수를 충분히 한 후 진공흡입하면서 승온시키고, 충분히 탈수소를 실행하였다. 그 후에 냉각하고, 수소파쇄 된후의 분말을 꺼냈다.

[0122] (3) 미분쇄의 과정: 산화가스 함유량 150ppm 이하의 질소가스 분위기하에서 및 분쇄 챔버 압력 0.38MPa의 조건 하에서, 수소파쇄된 후의 분말을 3시간동안 제트 밀에 의한 분쇄를 실시하여 미분을 얻었다. 산화 가스는 산소 또는 수분을 가리킨다.

[0123] (4) 제트 밀에 의한 분쇄후의 분말중에 스테아린산 아연을 첨가하고, 스테아린산 아연의 첨가량을 혼합후의 분말중량의 0.12%로 하고, 진일보 V믹서로 충분히 혼합하였다.

[0124] (5) 자기장 성형 과정: 직각 배향형의 자기장 성형기를 사용하여, 1.6T의 배향 자기장에서 및  $0.35\text{ton/cm}^2$ 의 성형 압력하에서, 상기 스테아린산 아연이 첨가된 분말을 변의 길이가 25mm인 입방체로 일차 성형시켰다. 일차 성형 후 0.2T의 자기장에서 탈자시켰다. 일차 성형 후의 성형체가 공기와 접촉하지 않도록 이를 밀봉하고, 그 다음 재차 이차 성형기 (정수압 성형기)를 이용하여  $1.3\text{ton/cm}^2$ 의 압력하에서 이차 성형을 진행하였다.

[0125] (6) 소결 과정: 각 성형체를 소결로에 옮기고 소결하고,  $5 \times 10^{-3}$  Pa의 진공하에서 및 300℃와 600℃의 온도하에서 각각 1시간동안 유지하였다. 그 후에, 1040℃의 온도하에서 2시간동안 소결하였다. 그 다음, Ar 가스를 도입하여 기압을 0.1MPa까지 도달시킨 후, 실온까지 냉각시켜 소결체를 얻었다.

[0126] (7) 시효처리 과정 : 소결체를 고순도Ar가스에서 600℃의 온도하에서 3시간동안 열처리한 후, 실온까지 냉각시킨 다음 꺼냈다. 550℃까지 승온하는 승온속도를 3℃/min로 하였다.

[0127] 실시예1~45 및 비교예46~49의 제조공정은 선택 및 사용된 원료조성물의 배합이 부동한 외에, 제조공정중의 파라

미터는 실시예1의 제조공정과 같았다.

- [0128] 실시예50
- [0129] 실시예1의 원료조성물은 Dy입계 확산 방법을 채용하여 실시예50의 네오디뮴철붕소 자성체재료를 얻었다. 그 제조공정은 다음과 같았다 :
- [0130] 먼저 표1에서 No.1에 대하여 실시예1의 소결체의 제조방법에 따라 제조하여 소결체를 획득하고, 먼저 입계 확산을 진행하고, 그 다음에 시효처리를 실시하였다. 여기서 시효처리의 공정은 실시예1과 같으며, 입계 확산 처리 과정은 다음과 같았다 :
- [0131] 소결체를 직경 20mm, 시트 두께 3mm미만의 자석으로 가공하며, 두께 방향을 자기장 배향 방향으로 하고, 표면을 청정화한 후, 각각 Dy불소화물로 제조하여 얻은 원료를 사용하여, 자석에 전면 분무 코팅하고, 코팅후의 자석을 건조시키고, 그 후에 고순도의 Ar 가스 분위기하에서 표면에 Tb 원소의 금속을 스퍼터링 부착시키고, 850℃의 온도로 24시간동안 확산 열처리하였다. 실온까지 냉각한 끝에 재료를 얻었다.
- [0132] 실시예51
- [0133] 실시예1의 원료조성물은 Dy입계 확산 방법을 채용하여 실시예51의 네오디뮴철붕소 자성체재료를 얻었다. 그 제조공정은 다음과 같았다 :
- [0134] 우선 표1에서 No.1에 대하여 실시예1의 소결체의 제조방법에 따라 제조하여 소결체를 획득하고, 먼저 입계 확산을 진행하고, 그 다음에 시효처리를 실시하였다. 여기서 시효처리의 공정은 실시예1과 같으며, 입계 확산 처리 과정은 다음과 같았다 :
- [0135] 소결체를 직경 20mm, 시트 두께 7mm미만의 자석으로 가공하며, 두께 방향을 자기장 배향 방향으로 하고, 표면을 청정화한 후, 각각Tb 불소화물에 의해 제조하여 얻어진 원료를 사용하여, 자석에 전면 분무 코팅하고, 코팅후의 자석을 건조시키고, 그 후에 고순도의 Ar 가스 분위기하에서 표면에 Tb원소의 금속을 스퍼터링 부착시키고, 850℃의 온도로 24시간동안 확산 열처리하였다. 실온까지 냉각하였다.
- [0136] 효과실시예
- [0137] 각 실시예와 비교예에서 얻은 네오디뮴철붕소 자성체재료의 자기 특성 및 성분을 측정하고, 그 자성체의 결정상 구조를 전계방사 전자 탐침 현미 분석기(FE-EPMA)를 사용하여 관찰하였다.
- [0138] (1) 자기 특성의 평가: 자성체재료는 중국계량원의 NIM-10000H형 BH 벌크 희토류 영구자석 비파괴 측정 시스템을 이용하여 자기특성을 검출하였다. 이하의 표2에 자기특성 검출결과를 나타냈다.

표 2

자기특성 검출결과

| No. | Br (kGs) | Hcj (kOe) | 80℃ Hcj<br>온도계수<br>절대치 | 150℃ Hcj<br>온도계수<br>절대치 | 180℃ Hcj<br>온도계수<br>절대치 |
|-----|----------|-----------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1   | 13.74    | 19.2      | 0.668                  | /                       | /                       |
| 2   | 13.61    | 19.95     | 0.647                  | /                       | /                       |
| 3   | 13.44    | 21.19     | 0.609                  | /                       | /                       |
| 4   | 13.10    | 22.32     | 0.596                  | /                       | /                       |
| 5   | 13.04    | 25.57     | /                      | 0.519                   | /                       |
| 6   | 12.38    | 27.73     | /                      | 0.498                   | /                       |
| 7   | 11.87    | 30.06     | /                      | /                       | 0.439                   |
| 8   | 11.61    | 32.02     | /                      | /                       | 0.429                   |
| 9   | 11.17    | 35.5      | /                      | /                       | 0.385                   |
| 10  | 11.46    | 29.95     | /                      | 0.488                   | /                       |
| 11  | 11.76    | 27.55     | /                      | 0.492                   | /                       |
| 12  | 11.05    | 28.5      | /                      | 0.499                   | /                       |
| 13  | 13.11    | 22.53     | 0.591                  | /                       | /                       |
| 14  | 13.26    | 22.76     | 0.589                  | /                       | /                       |
| 15  | 13.16    | 23.37     | 0.576                  | /                       | /                       |
| 16  | 12.81    | 24.97     | /                      | 0.523                   | /                       |
| 17  | 13.24    | 24.96     | /                      | 0.526                   | /                       |
| 18  | 13.13    | 25.03     | /                      | 0.519                   | /                       |
| 19  | 12.6     | 26.5      | /                      | 0.511                   | /                       |
| 20  | 12.1     | 29.9      | /                      | /                       | 0.446                   |
| 21  | 12.05    | 30.61     | /                      | /                       | 0.444                   |
| 22  | 11.71    | 30.1      | /                      | /                       | 0.443                   |
| 23  | 11.91    | 28.87     | /                      | 0.495                   | /                       |
| 24  | 11.7     | 28.64     | /                      | 0.498                   | /                       |
| 25  | 11.5     | 29.02     | /                      | 0.493                   | /                       |
| 26  | 11.58    | 32.7      | /                      | /                       | 0.439                   |
| 27  | 11.38    | 33.5      | /                      | /                       | 0.435                   |
| 28  | 11.3     | 32.5      | /                      | /                       | 0.431                   |

[0139]

|      |       |       |   |       |       |
|------|-------|-------|---|-------|-------|
| 29   | 11.28 | 33.75 | / | /     | 0.426 |
| 30   | 12.36 | 31.29 | / | /     | 0.448 |
| 31   | 12.19 | 31.79 | / | /     | 0.449 |
| 32   | 12.19 | 30.72 | / | /     | 0.438 |
| 33   | 11.76 | 32.88 | / | /     | 0.431 |
| 34   | 11.33 | 34.75 | / | /     | 0.421 |
| 35   | 11.23 | 34.1  | / | /     | 0.425 |
| 35.1 | 13.15 | 24.96 | / | 0.526 | /     |
| 35.2 | 12.97 | 25.95 | / | 0.513 | /     |
| 35.3 | 12.29 | 25.14 | / | 0.519 | /     |
| 35.4 | 12.08 | 26.14 | / | 0.508 | /     |
| 35.5 | 11.7  | 27.85 | / | 0.492 | /     |
| 35.6 | 11.57 | 28.42 | / | 0.481 | /     |
| 35.7 | 10.85 | 35.1  | / | /     | 0.388 |
| 36   | 13.22 | 25.97 | / | /     | /     |
| 37   | 13.09 | 27.11 | / | 0.517 | /     |
| 38   | 12.58 | 29.81 | / | 0.488 | /     |
| 39   | 12.10 | 33.14 | / | /     | 0.429 |
| 40   | 12.0  | 33.35 | / | /     | 0.424 |
| 41   | 11.8  | 33.28 | / | /     | 0.427 |
| 42   | 11.6  | 33.6  | / | /     | 0.420 |
| 42.1 | 12    | 28.24 | / | 0.512 | /     |
| 42.2 | 11.38 | 31.2  | / | /     | 0.441 |
| 42.3 | 11.44 | 32.45 | / | /     | 0.438 |
| 42.4 | 10.5  | 34.5  | / | /     | 0.424 |
| 42.5 | 10.42 | 36.2  | / | /     | 0.375 |
| 42.6 | 10.22 | 37.2  | / | /     | 0.364 |
| 43   | 10.6  | 36    | / | /     | 0.380 |
| 44   | 10.52 | 36.5  | / | /     | 0.372 |
| 45   | 10.48 | 36.3  | / | /     | 0.376 |
| 46   | 12.48 | 25    | / | 0.517 | /     |

[0140]

|    |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 47 | 12.60 | 23    | 0.601 | /     | /     |
| 48 | 12.37 | 21.01 | 0.623 | /     | /     |
| 49 | 12.24 | 20.2  | 0.642 | /     | /     |
| 50 | 13.56 | 25.5  | /     | 0.514 | /     |
| 51 | 13.53 | 30.1  | /     | /     | 0.449 |

[0141]

[0142]

(2) 성분 측정: 각 성분에 대해 고주파 유도결합 플라즈마 발광 분석장치(ICP-OES)를 이용하여 측정하였다. 다음의 표3에 나타난 것이 각 실시예와 각 비교예의 네오디뮴철붕소 자성체재료의 성분검출결과였다.

표 3

네오디뮴철붕소 자성체재료의 성분검출결과 (wt%)

| No.  | Nd    | Pr    | Dy   | Tb   | Ho | Al   | Cu   | Ga   | Zr   | Co | Zn | Mo | B     | Fe     |
|------|-------|-------|------|------|----|------|------|------|------|----|----|----|-------|--------|
| 1    | 13.82 | 17.13 | 0    | 0    | /  | 0.48 | 0    | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.983 | 67.587 |
| 2    | 12.82 | 18.13 | 0    | 0    | /  | 0.61 | 0    | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.99  | 67.45  |
| 3    | 11.85 | 19.12 | 0    | 0    | /  | 0.82 | 0    | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.986 | 67.224 |
| 4    | 11.64 | 20.14 | 0    | 0    | /  | 0.91 | 0    | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.983 | 66.327 |
| 5    | 8.34  | 21.14 | 0.29 | 0.71 | /  | 1.01 | 0    | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.984 | 67.526 |
| 6    | 6.86  | 24.16 | 0.49 | 0.51 | /  | 1.22 | 0    | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.981 | 65.779 |
| 7    | 5.84  | 25.12 | /    | 1.02 | /  | 1.51 | 0    | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.986 | 65.524 |
| 8    | 3.86  | 26.52 | /    | 1.52 | /  | 1.79 | 0    | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.983 | 65.327 |
| 9    | 2.45  | 27.15 | 0.29 | 2.02 | /  | 2.01 | 0    | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.984 | 65.096 |
| 10   | 1.5   | 30    | /    | /    | /  | 2.21 | 0    | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.981 | 65.309 |
| 11   | 13.84 | 17.14 | /    | /    | /  | 2.52 | 0    | 0    | 0.25 | /  | /  | /  | 0.986 | 65.264 |
| 12   | 12.89 | 18.16 | /    | /    | /  | 2.98 | 0    | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.983 | 64.987 |
| 13   | 11.55 | 20.05 | /    | /    | /  | 0.92 | 0.11 | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.984 | 66.386 |
| 14   | 12.83 | 18.13 | /    | /    | /  | 1.02 | 0.34 | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.981 | 66.699 |
| 15   | 12.82 | 18.16 | /    | /    | /  | 1.09 | 0.41 | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.986 | 66.534 |
| 16   | 11.63 | 20.13 | /    | /    | /  | 1.23 | 0.51 | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.986 | 65.514 |
| 17   | 8.34  | 21.13 | /    | /    | /  | 1.31 | 0.63 | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.983 | 67.607 |
| 18   | 8.33  | 21.12 | /    | /    | /  | 1.42 | 0.72 | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.984 | 67.426 |
| 19   | 6.83  | 24.16 | /    | /    | /  | 1.53 | 0.81 | 0    | 0    | /  | /  | /  | 0.981 | 65.689 |
| 20   | 4.82  | 25.17 | 0.31 | 0.69 | /  | 1.62 | 0    | 0.23 | 0    | /  | /  | /  | 0.986 | 66.174 |
| 21   | 4.83  | 25.14 | 0.32 | 0.71 | /  | 1.63 | 0    | 0.34 | 0    | /  | /  | /  | 0.983 | 66.047 |
| 22   | 4.84  | 25.12 | 0.19 | 0.83 | /  | 1.73 | 0    | 0.41 | 0    | /  | /  | /  | 0.984 | 65.896 |
| 23   | 4.83  | 25.13 | 0.23 | 0.81 | /  | 1.72 | 0    | 0    | 0    | 1  | /  | /  | 0.981 | 65.299 |
| 24   | 4.86  | 25.14 | 0.12 | 0.88 | /  | 1.82 | 0    | 0    | 0.25 | /  | /  | /  | 0.986 | 65.944 |
| 25   | 4.87  | 25.13 | 0.13 | 0.9  | /  | 1.81 | 0    | 0    | 0.3  | /  | /  | /  | 0.983 | 65.877 |
| 26   | 3.89  | 25.16 | 0.21 | 1    | /  | 1.92 | 0.35 | 0.25 | 0    | /  | /  | /  | 0.984 | 66.236 |
| 27   | 3.86  | 25.12 | 0.19 | 1    | /  | 1.91 | 0.5  | 0.42 | 0    | /  | /  | /  | 0.981 | 66.019 |
| 28   | 3.84  | 25.13 | 0.23 | 1.2  | /  | 2.02 | 0    | 0.25 | 0.25 | /  | /  | /  | 0.986 | 66.094 |
| 29   | 3.84  | 25.14 | 0.22 | 1.2  | /  | 2.03 | 0    | 0.42 | 0.3  | /  | /  | /  | 0.983 | 65.867 |
| 30   | 3.83  | 25.13 | 0.21 | 1.5  | /  | 1.03 | 0.35 | 0    | 0.11 | /  | /  | /  | 1.11  | 66.73  |
| 31   | 4.86  | 25.16 | 0.22 | 1.5  | /  | 1.04 | 0.35 | 0    | 0.22 | /  | /  | /  | 0.986 | 65.664 |
| 32   | 4.87  | 25.12 | 0.11 | 1.6  | /  | 1.23 | 0.5  | 0    | 0.24 | /  | /  | /  | 0.983 | 65.347 |
| 33   | 4.84  | 25.13 | 0.11 | 1.8  | /  | 1.21 | 0.5  | 0    | 0.28 | /  | /  | /  | 0.984 | 65.146 |
| 34   | 4.52  | 25.14 | 0.12 | 2.01 | /  | 1.53 | 0.6  | 0    | 0.3  | /  | /  | /  | 0.981 | 64.799 |
| 35   | 4.03  | 25.13 | 0.31 | 2.02 | /  | 1.49 | 0.6  | 0    | 0.35 | /  | /  | /  | 0.986 | 65.084 |
| 35.1 | 8.35  | 21.15 | /    | 1    | /  | 0.6  | 0.35 | /    | 0.25 | /  | /  | /  | 0.985 | 67.315 |
| 35.2 | 8.35  | 21.15 | /    | 1    | /  | 0.8  | 0.35 | /    | 0.25 | /  | /  | /  | 0.985 | 67.115 |
| 35.3 | 12.85 | 18.15 | /    | /    | /  | 1.7  | 0.4  | /    | 0.25 | /  | /  | /  | 0.985 | 65.665 |
| 35.4 | 12.85 | 18.15 | /    | /    | /  | 1.9  | 0.45 | /    | 0.28 | /  | /  | /  | 0.985 | 65.385 |
| 35.5 | 13.85 | 17.15 | /    | /    | /  | 2.3  | 0.45 | /    | 0.28 | /  | /  | /  | 0.985 | 64.985 |
| 36   | 6.83  | 23.11 | 0.22 | 1.03 | /  | 0.48 | 0.35 | 0.05 | 0.1  | /  | /  | /  | 0.983 | 66.847 |

[0143]

|      |       |       |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |       |        |
|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|--------|
| 37   | 6.82  | 23.12 | 0.21 | 1.04 | /    | 0.58 | 0.45 | 0.1   | 0.2  | /    | /    | /    | 0.984 | 66.496 |
| 38   | 6.83  | 23.13 | 0.22 | 1.21 | /    | 0.83 | 0.55 | 0.2   | 0.25 | /    | /    | /    | 0.951 | 65.829 |
| 39   | 6.84  | 23.13 | 0.21 | 1.21 | /    | 0.92 | 0.65 | 0.25  | 0.28 | /    | /    | /    | 0.962 | 65.548 |
| 40   | 6.84  | 23.15 | 0.22 | 1.51 | /    | 1.02 | 0.75 | 0.31  | 0.32 | /    | /    | /    | 0.983 | 64.897 |
| 41   | 6.83  | 23.11 | 0.21 | 1.51 | /    | 1.21 | 0.85 | 0.36  | 0.37 | /    | /    | /    | 0.984 | 64.566 |
| 42   | 6.84  | 23.12 | 0.11 | 1.59 | /    | 1.51 | 1.02 | 0.44  | 0.36 | /    | /    | /    | 0.981 | 64.029 |
| 42.1 | 12.84 | 18.14 | 0.48 | /    | /    | 1.81 | 0.34 | 0.251 | 0.24 | /    | /    | /    | 0.984 | 64.915 |
| 42.2 | 12.83 | 18.16 | 0.31 | 0.71 | /    | 2.12 | 0.41 | 0.31  | 0.27 | /    | /    | /    | 0.984 | 63.896 |
| 42.3 | 11.66 | 19.14 | /    | 0.51 | /    | 2.31 | 0.51 | 0.34  | 0.31 | /    | /    | /    | 0.986 | 64.234 |
| 42.4 | 11.64 | 19.14 | /    | 1.02 | /    | 2.52 | 0.81 | 0.41  | 0.34 | /    | /    | /    | 0.984 | 63.136 |
| 42.5 | 8.36  | 21.16 | /    | 1.03 | /    | 2.71 | 0.91 | 0.34  | 0.24 | /    | /    | /    | 0.984 | 64.266 |
| 42.6 | 8.34  | 21.14 | /    | 1.01 | /    | 2.91 | 1.11 | 0.34  | 0.27 | /    | /    | /    | 0.984 | 63.896 |
| 43   | 6.86  | 23.13 | 0.12 | 1.58 | 0.99 | 1.52 | 1.03 | 0.43  | 0.38 | 3.03 | /    | /    | 0.998 | 59.932 |
| 44   | 6.86  | 23.13 | 0.13 | 1.58 | 1.0  | 1.51 | 1.04 | 0.41  | 0.37 | /    | 0.04 | 0.02 | 1.11  | 62.8   |
| 45   | 6.86  | 23.11 | 0.12 | 1.59 | 1.0  | 1.52 | 1.03 | 0.41  | 0.36 | /    | 0.03 | 0.06 | 1.03  | 62.88  |
| 46   | 11.64 | 20.14 | /    | /    | /    | 0.41 | 0.13 | /     | /    | /    | /    | /    | 0.986 | 66.694 |
| 47   | 11.63 | 20.13 | /    | /    | /    | 0.22 | 0.12 | /     | /    | /    | /    | /    | 0.983 | 66.917 |
| 48   | 15.63 | 15.14 | /    | /    | /    | 0.90 | 0.13 | /     | /    | /    | /    | /    | 0.984 | 67.216 |
| 49   | 21.62 | 10.14 | /    | /    | /    | 0.89 | 0.12 | /     | /    | /    | /    | /    | 0.981 | 66.249 |
| 50   | 13.81 | 17.12 | 0.51 | 0    | /    | 0.49 | 0    | 0     | 0    | /    | /    | /    | 0.982 | 67.088 |
| 51   | 13.82 | 17.13 | 0    | 0.56 | /    | 0.48 | 0    | 0     | 0    | /    | /    | /    | 0.981 | 67.029 |

[0144]

[0145]

(3) FE-EPMA에 의한 검출: 실시예11을 취하여 네오디뮴철붕소 자성체재료를 전계방사 전자 탐침 현미 분석기 (FE-EPMA)(일본전자주식회사(JEOL), 8530F)에 의하여 검출하였다. 자성체재료중의 Pr, Nd, Al, Zr와 O원소에 대하여 분석을 진행하고, 입계 및 결정입간 삼각구의 원소에 대하여 정량 분석을 진행하였다. 여기서, 입계란 두개의 결정입간의 경계를 가리키며, 결정입간 삼각구란 세계 및 세계 이상의 결정입에 의하여 이루어지는 틈새를 가리킨다.

[0146]

도1에서 Pr, Nd 원소는 주로 주상에 분포하고, 입계에도 일부의 회토가 나타나며, 원소 Al은 주상에 분포함고, 원소 Zr은 입계에 분포하는 것을 알 수 있다. 도2에 표시된 바와 같이, 실시예11의 네오디뮴철붕소 자성체재료의 입계의 원소 분포도였다. 도2중 1로 표기된 점을 취하여 입계의 원소에 대하여 정량 분석을 진행하였다. 결과는 표4에 나타난 바와 같았다.

표 4

| Pr<br>(wt %) | Nd<br>(wt %) | Al<br>(wt %) | Zr<br>(wt %) | O<br>(wt %) | Fe<br>(wt %) |
|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| 45.5         | 10.5         | 0.19         | 0.059        | 0.80        | 잔부           |

[0147]

[0148]

이상의 데이터에서 알수 있는 바와 같이, Pr과 Nd는 회토류 리치상 및 산화물의 형태로 입계에 존재하며, 각각 α-Pr과 α-Nd, Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 NdO였다, Al는 주상에 분포한 외에 입계에서도 일정한 함유량인 약 0.2wt%를 점하며, 예를 들어 본 실시예에서 0.19wt%를 점하였다. Zr은 고용점 원소로서 전체 영역에 분산적으로 분포하였다.

[0149]

도3에 나타난 바와 같이, 이는 결정입간 삼각구의 원소 분포도이며, 도3중 1로 표기된 점을 취하여 결정입간 삼각구의 원소에 대하여 정량 분석을 실시한 결과는 아래의 표5에 나타난 바와 같다.

표 5

| Pr (wt %) | Nd (wt %) | Al (wt %) | Zr (wt %) | O (wt %) | Fe (wt %) |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 32.8      | 42.3      | 1.38      | 0.079     | 1.2      | 잔부        |

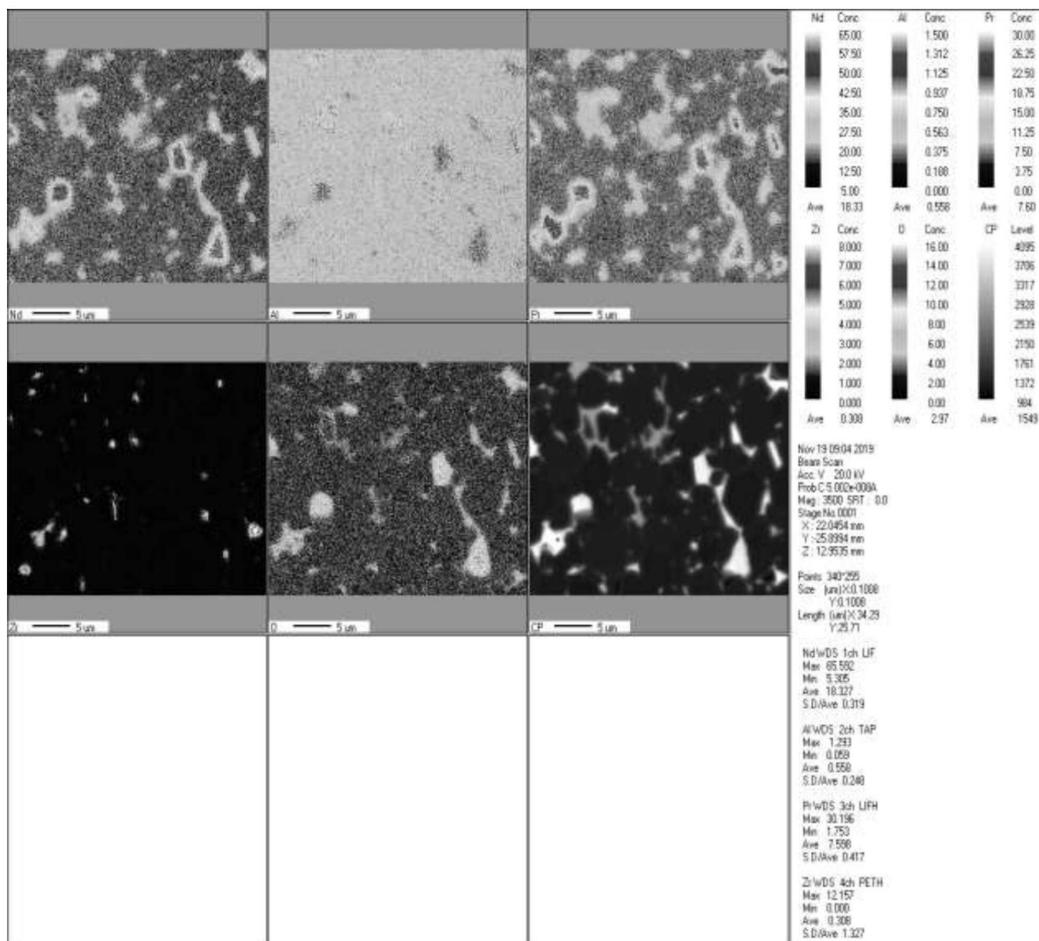
[0150]

[0151]

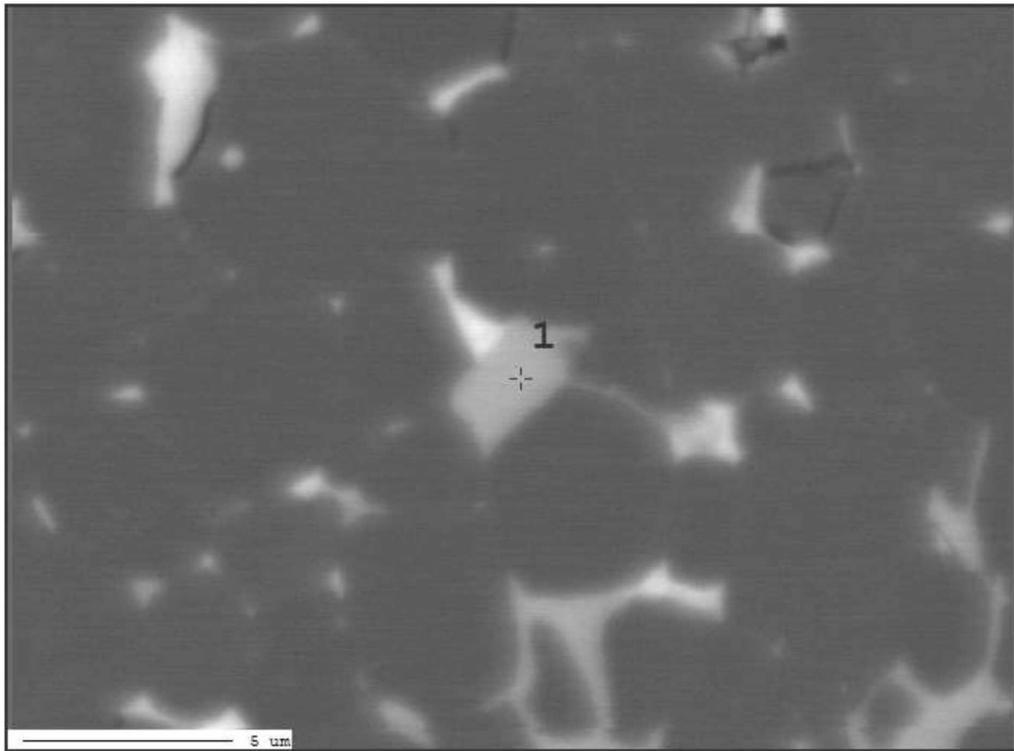
표5로부터, Pr 및 Nd원소가 결정입간 삼각구중에 분포하였음을 알 수 있다. 본 실시예의 배합에서, 결정입간 삼각구의 Pr의 함량이 Nd의 함량에 비하여 현저히 낮음을 명확히 발견하였다. 일부의 회토가 이 곳에 농축하여 있지만, Pr의 농축정도는 Nd보다 적은데, 이는 고 Pr과 Al의 공동작용으로 인하여 Hc<sub>j</sub>가 제고되는 하나의 원인으로 된다. 또한, 이 부위에 일부의 O과 Zr의 분포를 함유한다.

도면

도면1



도면2



도면3

