

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2022-535480

(P2022-535480A)

(43)公表日 令和4年8月9日(2022.8.9)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 F 1/057(2006.01)	H 0 1 F 1/057 1 7 0	4 K 0 1 7
H 0 1 F 41/02 (2006.01)	H 0 1 F 41/02 G	4 K 0 1 8
B 2 2 F 9/04 (2006.01)	B 2 2 F 9/04 D	5 E 0 4 0
B 2 2 F 3/00 (2021.01)	B 2 2 F 9/04 E	5 E 0 6 2
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	B 2 2 F 3/00 F	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全34頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-552780(P2021-552780)	(71)出願人 521397223 フージャン チャンティン ゴールデン ドラゴン レア-アース カンパニー リ ミテッド 中華人民共和国 3 6 6 3 0 0 フージャ ン プロヴィンス ローニンエン チャン ティン インダストリアル ニュー ディ ヴェロップド ゾーン
(86)(22)出願日 令和2年7月7日(2020.7.7)	(74)代理人 100199819 弁理士 大行 尚哉
(85)翻訳文提出日 令和3年9月3日(2021.9.3)	(74)代理人 100087859 弁理士 渡辺 秀治
(86)国際出願番号 PCT/CN2020/100587	(72)発明者 付剛 中華人民共和国 3 6 6 3 0 0 フージャ ン プロヴィンス ローニンエン チャン ティン インダストリアル ニュー ディ ヴェロップド ゾーン
(87)国際公開番号 WO2021/098224	
(87)国際公開日 令和3年5月27日(2021.5.27)	
(31)優先権主張番号 201911150975.1	
(32)優先日 令和1年11月21日(2019.11.21)	
(33)優先権主張国・地域又は機関 中国(CN)	
(81)指定国・地域 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA ,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA( AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR ,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC, 最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 ネオジム鉄ホウ素磁石材料、原料組成物及び製造方法、並びに応用

(57)【要約】

【課題】ネオジム鉄ホウ素磁石材料、原料組成物及び製造方法、並びに応用である。

【解決手段】ここで、ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物は、質量百分率で下記の含有量の成分を含み、R' : 29.5 ~ 32%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、Pr 17.15%、Cu : 0.35%、B : 0.9 ~ 1.2%、Fe : 64 ~ 69.2%、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料は、重希土類元素を添加しなくても、依然として高い残留磁束密度と保磁力を有することができる。

【選択図】図1

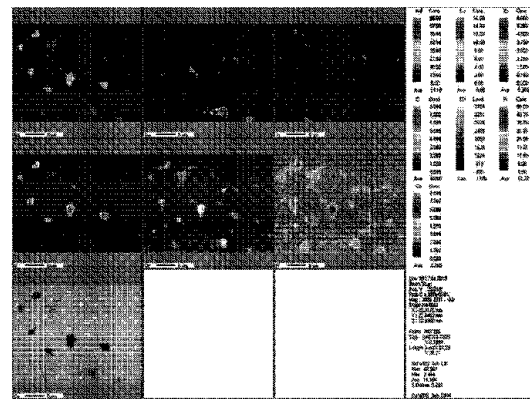


图1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物であって、質量百分率で下記の含有量の成分を含み、

R' : 29.5 ~ 32%、前記 R' は、希土類元素であり、前記 R' には、Pr 及び Nd が含まれ、

ここで、Pr 17.15%、

Cu : 0.35%、

B : 0.9 ~ 1.2%、

Fe : 64 ~ 69.2%、

パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する、

ことを特徴とするネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物。

## 【請求項 2】

前記 Pr の含有量は、17.15 ~ 26% であり、好ましくは、17.15%、18.15%、19.15%、20.15%、20.85%、21.15%、22.15%、23.15%、24.15%、25.15% 又は 26% であり、及び / 又は、

前記 Nd の含有量は、15% 以下であり、好ましくは 4 ~ 13% であり、より好ましくは、4%、5.85%、6.85%、7.85%、8.85%、9.85%、10.65%、10.85%、11.35%、12.35% 又は 12.85% であり、及び / 又は、

前記 R' は、Pr および Nd 以外の他の希土類元素をさらに含み、好ましくは Y であり、及び / 又は、

前記 R' は、RH をさらに含み、前記 RH は、重希土類元素であり、前記 RH の種類は、好ましくは Dy、Tb 及び Ho のうちの 1 種又は複数種を含み、より好ましくは Dy 及び / 又は Tb であり、前記 RH 及び前記 R' の質量比は、好ましくは 0.253 未満であり、より好ましくは 0 ~ 0.07 であり、ここで、前記 RH の含有量は、好ましくは 1 ~ 2.5% であり、より好ましくは 1%、1.5% 又は 2% であり、前記 RH に Tb が含まれる場合、前記 Tb の含有量は、好ましくは 0.5 ~ 2% であり、より好ましくは 0.7%、0.8%、0.9%、1%、1.5%、1.8%、1.9% 又は 2% であり、前記 RH に Dy が含まれる場合、前記 Dy の含有量は、好ましくは 1% 以下であり、より好ましくは 0.1%、0.2% 又は 0.3% であり、前記 RH に Ho が含まれる場合、前記 Ho の含有量は、好ましくは 0.8 ~ 2% であり、及び / 又は、

前記 Cu の含有量は、0.35 ~ 1.3% であり、好ましくは、0.35%、0.4%、0.45%、0.5%、0.6%、0.65%、0.7%、0.8%、0.85%、0.9%、0.95%、1%、1.05%、1.1% 又は 1.2% であり、及び / 又は、

前記 B の含有量は、0.95 ~ 1.2% であり、好ましくは、0.985%、1%、1.1% 又は 1.2% であり、及び / 又は、

前記 Fe の含有量は、64.8 ~ 69.2% であり、好ましくは、64.914%、64.965%、65.065%、65.085%、65.135%、65.365%、65.405%、65.485%、65.54%、65.615%、65.665%、65.715%、65.815%、65.865%、65.915%、66.015%、66.035%、66.045%、66.215%、66.23%、66.265%、66.315%、66.465%、66.445%、66.545%、66.615%、66.715%、66.815%、66.865%、67.145%、67.165%、67.415%、67.615%、67.915%、68.015%、68.295%、68.565% 又は 69.165% であり、及び / 又は、

前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物には、Al がさらに含まれ、好ましくは、前記 Al の含有量は、3% 以下であり、好ましくは 0.5% 以下であり、より好ましくは 0.02%、0.03%、0.1%、0.2%、0.25%、0.3%、0.4%、0.45%、0.46% 又は 0.48% であり、及び / 又は、

10

20

30

40

50

前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物には、Gaがさらに含まれ、好ましくは、前記Gaの含有量は、1%以下であり、好ましくは0.05~0.6%であり、より好ましくは、0.1%、0.15%、0.18%、0.2%、0.24%、0.25%、0.3%、0.4%又は0.5%であり、及び/又は、

前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物には、Zrがさらに含まれ、好ましくは、前記Zrの含有量は、0.3%以下であり、好ましくは0.1%、0.2%、0.22%、0.25%、0.26%、0.27%、0.28%、0.29%又は0.3%であり、及び/又は、

前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物には、Coがさらに含まれ、好ましくは、前記Coの含有量は、0.2~1.5%であり、好ましくは0.2%又は1%であり、及び/又は、 10

前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物には、Zn、Ag、In、Sn、V、Cr、Mo、Ta、Hf及びWのうち1種又は複数種がさらに含まれてもよく、ここで、好ましくは、前記Znの含有量は、0.1%以下であり、好ましくは0.04~0.08%であり、より好ましくは0.04%、0.05%又は0.08%であり、ここで、好ましくは、前記Moの含有量は、0.1%以下であり、好ましくは0.01~0.08%であり、より好ましくは0.04%、0.05%又は0.08%である、

ことを特徴とする請求項1に記載のネオジウム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物。

#### 【請求項3】

質量百分率で下記の含有量の成分を含み、 20

R' : 29.5~32%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、

ここで、前記Pr 17.15%、

Cu : 0.35%、

Al : 0.5%、

Zr : 0.25~0.3%、

B : 0.9~1.2%、

Fe : 64~69.2%、

好ましくは、前記Prの含有量は17.15~26%であり、好ましくは、前記Cuの含有量は0.35~1.2%であり、好ましくは、前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1~2.5%であることが好ましく、前記RHの種類は、Dy及び/又はTbであることが好ましく、ここで、前記Tbの含有量は、0.5~2%であることが好ましく、前記Dyの含有量は、1%以下であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する、 30

ことを特徴とする請求項1又は2に記載のネオジウム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物。

#### 【請求項4】

質量百分率で下記の含有量の成分を含み、

R' : 29.5~32%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、 40

ここで、前記Pr 17.15%、

Cu : 0.35%、

Al : 0.5%、

Ga : 0.42%、

Zr : 0.25~0.3%、

B : 0.9~1.2%、

Fe : 64~69.2%、

好ましくは、前記Prの含有量は17.15~26%であり、好ましくは、前記Cuの含有量は0.35~1.2%であり、好ましくは、前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1~2.5%であること 50

が好ましく、前記 R H の種類は、D y 及び / 又は T b であることが好ましく、ここで、前記 T b の含有量は、0.5 ~ 2 % であることが好ましく、前記 D y の含有量は、1 % 以下であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する、

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物。

【請求項 5】

ネオジム鉄ホウ素磁石材料の製造方法であって、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物を使用して製造し、

好ましくは、前記製造方法は、以下のステップを含み、

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の熔融液を溶解製錬鑄造、水素破碎、成形、焼結、時効処理すればよく、

より好ましくは、前記焼結の後、前記時効処理の前に、粒界拡散処理をさらに行う、

ことを特徴とするネオジム鉄ホウ素磁石材料の製造方法。

【請求項 6】

ネオジム鉄ホウ素磁石材料であって、

請求項 5 に記載の製造方法で製造されている、

ことを特徴とするネオジム鉄ホウ素磁石材料。

【請求項 7】

ネオジム鉄ホウ素磁石材料であって、

質量百分率で下記の含有量の成分を含み、

R ' : 29.4 ~ 32.6 %、前記 R ' に、P r 及び N d が含まれ、

ここで、P r 17.14 %、

C u : 0.34 %、

B : 0.9 ~ 1.2 %、

F e : 64 ~ 69.2 %、

パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する、

ことを特徴とするネオジム鉄ホウ素磁石材料。

【請求項 8】

前記 P r の含有量は、17.14 ~ 26.1 % であり、好ましくは、17.149 %、17.15 %、17.154 %、18.15 %、18.152 %、18.154 %、18.155 %、19.15 %、19.152 %、19.154 %、19.155 %、19.159 %、20.13 %、20.155 %、20.16 %、21.157 %、22.15 %、22.151 %、22.152 %、22.1555 %、23.15 %、24.151 %、24.152 %、24.155 %、24.157 %、24.158 %、25.15 %、25.152 %、25.153 %、25.156 % 又は 26.01 % であり、及び / 又は、

前記 N d の含有量は、1.5 % 以下であり、好ましくは 4 ~ 13 % であり、より好ましくは、4.02 %、5.847 %、5.84 %、5.849 %、5.85 %、5.851 %、5.852 %、5.853 %、5.854 %、6.851 %、6.852 %、6.853 %、7.85 %、8.846 %、8.847 %、8.85 %、8.851 %、8.852 %、8.853 %、9.85 %、9.851 %、10.844 %、10.846 %、10.849 %、11.349 %、11.384 %、12.341 %、12.345 %、12.348 %、12.35 %、12.351 %、12.364 %、12.791 %、12.802 % 又は 12.849 % であり、及び / 又は、

前記 N d と前記 R ' との総質量の比は、0.5 未満であり、好ましくは 0.1 ~ 0.45 であり、及び / 又は、

前記 R ' の含有量は、好ましくは 29.49 ~ 32.53 % であり、より好ましくは、29.495 %、29.501 %、30.003 %、30.004 %、30.03 %、30.441 %、30.517 %、30.518 %、30.957 %、30.98 %、31

10

20

30

40

50

%、31.006%、31.0065%、31.009%、31.011%、31.012%、31.013%、31.498%、31.504%、31.539%、31.946%、31.972%、31.977%、31.995%、31.999%、32%、32.001%、32.013%、32.015%、32.021%、32.022%、32.023%、32.024%、32.025%、32.026%、32.027%、32.04%、32.043%、32.437%又は32.521%であり、及び/又は、  
前記R'は、PrおよびNd以外の他の希土類元素をさらに含み、好ましくはYであり、及び/又は、

R'は、RHをさらに含み、前記RHは、重希土類元素であり、前記RHの種類は、好ましくは、Dy、Tb及びHoのうちの1種又は複数種を含み、より好ましくは、Dy及び/又はTbであり、好ましくは、前記RH及び前記R'の質量比は、好ましくは<0.253であり、好ましくは0~0.07であり、より好ましくは、1.01/32.015、1.02/30.517、1.02/32.021、1.02/32.023、1.02/32.024、1.02/32.024、1.02/32.025、1.02/32.025、1.02/32.026、1.03/32.04、1.04/32.043、1.432/32.437、1.46/30.441、1.47/31.972、1.48/31.977、1.5/32、1.52/32.521、1.98/30.98、1.99/31.995、1/31.999、1/32、2.01/31.011、2.01/31.013、2.01/32.013、2.02/32.022、2.02/32.027、2/31又は2/31.012であり、ここで、RHの含有量は、好ましくは1~2.5%であり、より好ましくは、1%、1.01%、1.02%、1.03%、1.04%、1.432%、1.46%、1.47%、1.48%、1.5%、1.52%、1.98%、1.99%、2%、2.01%又は2.02%であり、ここで、前記RHにTbが含まれる場合、前記Tbの含有量は、好ましくは0.5~2wt.%であり、より好ましくは、0.7%、0.72%、0.82%、0.9%、0.91%、1%、1.02%、1.47%、1.48%、1.5%、1.81%、1.88%、1.89%、1.9%、1.91%又は2.01%であり、前記RHにDyが含まれる場合、前記Dyの含有量は、好ましくは0.5wt.%以下であり、より好ましくは、0.1%、0.2%、0.21%、0.3%、0.31%又は0.312%であり、前記RHにHoが含まれる場合、前記Hoの含有量は、好ましくは0.8~2%であり、より好ましくは、0.98%、0.99%又は1%であり、及び/又は、

前記Cuの含有量は、0.34~1.3%であり、好ましくは、0.341%、0.41%、0.452%、0.47%、0.502%、0.51%、0.52%、0.598%、0.62%、0.648%、0.649%、0.701%、0.702%、0.71%、0.78%、0.79%、0.795%、0.806%、0.81%、0.852%、0.89%、0.901%、0.903%、0.91%、0.92%、0.948%、1.021%、1.05%、1.08%、1.101%、1.103%、1.12%、1.18%、1.19%、1.202%又は1.21%であり、及び/又は、

前記Bの含有量は、0.95~1.2%であり、好ましくは、0.983%、0.984%、0.985%、0.988%、0.989%、1.02%又は1.19%であり、及び/又は、

前記Feの含有量は、64.8~69.2%であり、好ましくは、64.965%、65.031%、65.095%、65.155%、65.204%、65.36%、65.4%、65.458%、65.525%、65.626%、65.63%、65.686%、65.817%、65.8395%、65.869%、65.909%、65.963%、65.994%、65.995%、66.039%、66.04%、66.099%、66.157%、66.218%、66.267%、66.364%、66.377%、66.427%、66.437%、66.52%、66.605%、66.671%、66.8075%、66.81%、66.87%、67.095%、67.12%、67.137%、67.457%、67.578%、67.996%、68.302%、

10

20

30

40

50

68.556%又は69.181%であり、及び/又は、

前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料には、Alがさらに含まれ、好ましくは、前記Alの含有量は、0.5%以下であり、好ましくは0.03~0.5wt.%であり、より好ましくは、0.01%、0.02%、0.03%、0.1%、0.102%、0.12%、0.2%、0.21%、0.24%、0.25%、0.29%、0.3%、0.31%、0.38%、0.4%、0.42%、0.45%、0.46%又は0.48%であり、及び/又は、

前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料には、Zrがさらに含まれ、好ましくは、前記Zrの含有量は、0.05~0.31wt.%であり、好ましくは、0.1%、0.21%、0.22%、0.25%、0.251%、0.252%、0.261%、0.272%、0.28%、0.281%、0.282%、0.291%、0.3%或0.301%であり、及び/又は、

前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料には、Gaがさらに含まれ、好ましくは、前記Gaの含有量は、0.51%以下であり、好ましくは0.1~0.51%であり、より好ましくは、0.1%、0.101%、0.102%、0.11%、0.12%、0.152%、0.18%、0.2%、0.202%、0.24%、0.25%、0.251%、0.302%、0.401%又は0.501%であり、及び/又は、

前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料には、Coがさらに含まれ、好ましくは、前記Coの含有量は、0.2~1.5%であり、好ましくは、0.2%又は1%であり、及び/又は、

前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料には、Oがさらに含まれ、好ましくは、前記Oの含有量は、0.13%以下であり、及び/又は、

前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料は、Zn、Ag、In、Sn、V、Cr、Nb、Ti、Mo、Ta、Hf及びWのうちの1種又は複数種をさらに含んでもよく、ここで、前記Znの含有量は、好ましくは0.02~0.08%であり、より好ましくは、0.03%、0.04%又は0.07%であり、ここで、前記Moの含有量は、好ましくは0.01~0.08%であり、より好ましくは0.03%、0.06%又は0.07%である、

ことを特徴とする請求項7に記載のネオジウム鉄ホウ素磁石材料。

#### 【請求項9】

ネオジウム鉄ホウ素磁石材料であって、

前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の結晶粒間三角領域において、PrとCuの合計の質量が前記結晶粒間三角領域の各元素の総質量に占める比をQ1とし、

前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の粒界において、PrとCuの合計の質量が前記粒界における各元素の総質量に占める比をQ2とし、

ここで、 $Q1 < Q2$ 、且つ、 $Q2 \leq 0.1$ であり、

好ましくは、前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の成分は、請求項6~8のいずれか一項に記載のネオジウム鉄ホウ素磁石材料である、

ことを特徴とするネオジウム鉄ホウ素磁石材料。

#### 【請求項10】

請求項6~9のいずれか1項に記載のネオジウム鉄ホウ素磁石材料がモーターにおいて電子部品としての応用である。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、具体的に、ネオジウム鉄ホウ素磁石材料（ネオジウム磁石材料とも呼ばれる）、原料組成物及び製造方法、並びに応用に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

$Nd_2Fe_{14}B$ を主成分とするネオジウム鉄ホウ素（NdFeB）磁石材料は、高い残留磁束密度（remanence、Brと略称する）、保磁力、最大エネルギー積（maximum energy product、BHmaxと略称する）を有し、総合的な

10

20

30

40

50

磁気特性が優れており、風力発電、新エネルギー自動車、周波数変換器搭載家電等の面で応用されている。現在、従来技術では、ネオジム鉄ホウ素磁石材料における希土類成分は一般的にネオジムの主成分とし、少量のプラセオジムのみを含む。現在、従来技術では、一部のネオジムのプラセオジムで置き換えることで磁石材料の性能を改善することができるといういくつかの報道があるが、改善の程度は限られており、依然として顕著な改善は示されていない。一方、従来技術では、保磁力と残留磁束密度の両方の性能が優れたネオジム鉄ホウ素磁石材料には、重希土類元素の大量添加をさらに必要とし、コストが高い。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0003】

本発明が解決しようとする技術的課題は、従来技術においてネオジム鉄ホウ素磁石材料におけるネオジムの一部のプラセオジムで置き換えたとしても、磁石材料の保磁力と残留磁束密度が依然として顕著な向上を達成できないという欠点を解決し、ネオジム鉄ホウ素磁石材料、原料組成物及び製造方法、並びに応用を提供することである。本発明におけるネオジム鉄ホウ素磁石材料は、プラセオジムと銅の含有量を同時に増加させることで、プラセオジムのみを大幅に増加させたり、銅のみを大幅に増加させたりしたとしても、保磁力を大幅に向上させることができないという従来技術における欠陥を解消することができ、得られたネオジム鉄ホウ素磁石材料の残留磁束密度と保磁力の両方はいずれも高い。

【0004】

20

現在、従来技術では、一般的に、ネオジム鉄ホウ素磁石材料に少量の銅を添加することにより、濡れ性を向上させることができると考えられる。しかしながら、発明者は、特定の含有量のプラセオジムと特定の含有量の銅を配合した後、 $RECu_2$ 、 $RECu$ 及び $RE_6Fe_{13}Cu$ 等の非磁性相が現れ、そのうち、 $RE$ とは、ネオジム元素とプラセオジム元素を指し、これらの非磁性相の出現により、結晶粒間の磁気結合作用を効果的に遮断すると共に、粒界の鮮明度を向上させ、粒界相を最適化し、ネオジム鉄ホウ素磁石材料の性能をさらに向上させることができることを大量の実験により発見した。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、以下の技術考案により上記の技術的課題を解決する。

30

【0006】

本発明には、ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物がさらに提供され、質量百分率で下記の成分を含み、

$R'$  : 29.5 ~ 32%、前記 $R'$ は、希土類元素であり、前記 $R'$ には、Pr及びNdが含まれ、

ここで、Pr 17.15%、

Cu : 0.35%、

B : 0.9 ~ 1.2%、

Fe : 64 ~ 69.2%、

パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

40

【0007】

本発明において、前記Prの含有量は、好ましくは17.15 ~ 26%であり、例えば、17.15%、18.15%、19.15%、20.15%、20.85%、21.15%、22.15%、23.15%、24.15%、25.15%又は26%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0008】

本発明において、前記Ndの含有量は、好ましくは15%以下であり、より好ましくは4 ~ 13%であり、例えば、4%、5.85%、6.85%、7.85%、8.85%、

50

9.85%、10.65%、10.85%、11.35%、12.35%又は12.85%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0009】

本発明において、前記R'の含有量は、例えば、29.5%、30%、30.5%、31%、31.5%、又は32%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0010】

本発明において、前記R'は、PrおよびNd以外の他の希土類元素、例えばYをさらに含むことが好ましい。

【0011】

本発明において、前記R'は、RHをさらに含むことが好ましく、前記RHは、重希土類元素であり、前記RHの種類は、好ましくはDy、Tb及びHoのうちの1種又は複数種を含み、より好ましくはDy及び/又はTbである。

【0012】

ここで、前記RH及び前記R'の質量比は、好ましくは0.253未満であり、0~0.07であることが好ましく、例えば、0、1/32、2/32、2/31、1.5/32、2/32又は1.5/31である。

【0013】

ここで、前記RHの含有量は、好ましくは1~2.5%であり、例えば、1%、1.5%又は2%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0014】

前記RHにTbが含まれる場合、前記Tbの含有量は、好ましくは0.5~2%であり、例えば、0.7%、0.8%、0.9%、1%、1.5%、1.8%、1.9%又は2%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0015】

前記RHにDyが含まれる場合、前記Dyの含有量は、好ましくは1%以下であり、より好ましくは0.3%以下であり、例えば、0.1%、0.2%又は0.3%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0016】

前記RHにHoが含まれる場合、前記Hoの含有量は、本分野における通常の含有量であることができ、例えば、0.8~2%であり、好ましくは1%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0017】

本発明において、前記Cuの含有量は、好ましくは0.35~1.3%であり、例えば、0.35%、0.4%、0.45%、0.5%、0.6%、0.65%、0.7%、0.8%、0.85%、0.9%、0.95%、1%、1.05%、1.1%又は1.2%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0018】

本発明において、前記Bの含有量は、好ましくは0.95~1.2%であり、例えば、0.985%、1%、1.1%又は1.2%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0019】

本発明において、前記Feの含有量は、好ましくは64.8~69.2%であり、例えば、64.914%、64.965%、65.065%、65.085%、65.135%、65.365%、65.405%、65.485%、65.54%、65.615%

10

20

30

40

50



、 65.665%、65.715%、65.815%、65.865%、65.915%、66.015%、66.035%、66.045%、66.215%、66.23%、66.265%、66.315%、66.465%、66.445%、66.545%、66.615%、66.715%、66.815%、66.865%、67.145%、67.165%、67.415%、67.615%、67.915%、68.015%、68.295%、68.565%又は69.165%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0020】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物には、Alがさらに含まれることが好ましい。

10

【0021】

ここで、前記Alの含有量は、好ましくは3%以下であり、より好ましくは0.5%以下であり、例えば、0.02%、0.03%、0.1%、0.2%、0.25%、0.3%、0.4%、0.45%、0.46%又は0.48%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0022】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物には、Gaがさらに含まれることが好ましい。

【0023】

ここで、前記Gaの含有量は、好ましくは1%以下であり、より好ましくは0.05~0.6%であり、例えば、0.1%、0.15%、0.18%、0.2%、0.24%、0.25%、0.3%、0.4%又は0.5%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

20

【0024】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物には、Zrがさらに含まれることが好ましい。

【0025】

ここで、前記Zrの含有量は、好ましくは0.3%以下であり、例えば、0.1%、0.2%、0.22%、0.25%、0.26%、0.27%、0.28%、0.29%又は0.3%であり、より好ましくは0.25~0.3%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

30

【0026】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物には、Coがさらに含まれることが好ましい。

【0027】

ここで、前記Coの含有量は、好ましくは0.2~1.5%であり、例えば、0.2%又は1%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0028】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物には、本分野における通常の他の元素、例えば、Zn、Ag、In、Sn、V、Cr、Mo、Ta、Hf及びWのうちの1種又は複数種がさらに含まれてもよい。

40

【0029】

ここで、前記Znの含有量は、本分野における通常の含有量であることができ、好ましくは0.1%以下であり、より好ましくは0.04~0.08%であり、例えば、0.04%、0.05%又は0.08%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0030】

ここで、前記Moの含有量は、本分野における通常の含有量であることができ、好ましくは0.1%以下であり、より好ましくは0.01~0.08%であり、例えば、0.0

50

4%、0.05%又は0.08%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0031】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R'：29.5～32%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、前記Pr 17.15%、Cu：0.35%、Al：0.5%、B：0.9～1.2%、Fe：64～69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.15～26%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35～1.2%であり、より好ましくは、前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1～2.5%であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

10

【0032】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R'：29.5～32%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、前記Pr 17.15%、Cu：0.35%、Zr：0.25～0.3%、B：0.9～1.2%、Fe：64～68%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.15～26%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35～1.2%であり、より好ましくは、前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1～2.5%であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

20

【0033】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R'：29.5～32%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、前記Pr 17.15%、Cu：0.35%、Al：0.5%、Zr：0.25～0.3%、B：0.9～1.2%、Fe：64～69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.15～26%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35～1.2%であり、より好ましくは、前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1～2.5%であることが好ましく、前記RHの種類は、Dy及び/又はTbであることが好ましく、ここで、前記Tbの含有量は、0.5～2%であることが好ましく、前記Dyの含有量は、1%以下であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

30

【0034】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R'：29.5～32%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、前記Pr 17.15%、Cu：0.35%、Ga：0.42%、B：0.9～1.2%、Fe：64～69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.15～26%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35～1.3%であり、より好ましくは、前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1～2.5%であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

40

【0035】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R'：29.5～32%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、前記Pr 17.15%、Cu：0.35%、Al：0.5%、Ga：0.42%、B：0.9～1.2%、Fe：64～69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.15～26%であ

50

り、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35～1.3%であり、より好ましくは、前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1～2.5%であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0036】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R'：29.5～32%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、前記Pr 17.15%、Cu：0.35%、Ga：0.42%、Zr：0.25～0.3%、B：0.9～1.2%、Fe：64～69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.15～26%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35～1.3%であり、より好ましくは、前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1～2.5%であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

10

【0037】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R'：29.5～32%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、前記Pr 17.15%、Cu：0.35%、Al：0.5%、Ga：0.42%、Zr：0.25～0.3%、B：0.9～1.2%、Fe：64～69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.15～26%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35～1.2%であり、より好ましくは、前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1～2.5%であることが好ましく、前記RHの種類は、Dy及び/又はTbであることが好ましく、ここで、前記Tbの含有量は、0.5～2%であることが好ましく、前記Dyの含有量は、1%以下であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

20

【0038】

本発明において、前記パーセントとは、各成分が前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の総質量に占める質量百分率を意味する。

30

【0039】

本発明には、ネオジム鉄ホウ素磁石材料の製造方法がさらに提供され、それは、上記のネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物を使用して製造する。

【0040】

本発明において、上記の製造方法は、以下のステップを含むことが好ましく、上記のネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の熔融液を溶解製錬鑄造、水素破碎、成形、焼結、時効処理すればよい。

【0041】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の熔融液を本分野における通常の方法で製造することができ、例えば、高周波真空誘導溶解炉で溶解製錬すればよい。前記溶解炉の真空度は、 $5 \times 10^{-2}$  Paであってもよい。前記溶解製錬の温度は、1500以下であってもよい。

40

【0042】

本発明において、前記鑄造の操作及び条件は、本分野における通常の方法及び条件であることができ、例えば、Arガス雰囲気（例えば $5.5 \times 10^4$  PaのArガス雰囲気下）において、 $10^2$  / 秒～ $10^4$  / 秒の速度で冷却すればよい。

【0043】

本発明において、前記水素破碎の操作及び条件は、本分野における通常の方法及び条件であることができ、例えば、水素吸収、脱水素、冷却処理を経ていればよい。

【0044】

50

ここで、前記水素吸収は、水素ガス圧力  $0.15 \text{ MPa}$  の条件下で行うことができる。

【0045】

ここで、前記脱水素は、真空引きしながら昇温する条件下で行うことができる。

【0046】

本発明において、前記水素破碎を行った後、本分野における通常的手段で粉碎を行うこともできる。前記粉碎の工程は、本分野における通常の方法であることができ、例えば、ジェットミル粉碎である。前記ジェットミル粉碎は、酸化ガス含有量が  $150 \text{ ppm}$  以下の窒素ガス雰囲気下で行うことが好ましい。前記酸化ガスは、酸素または水分の含有量を意味する。前記ジェットミル粉碎の粉碎室圧力は、 $0.38 \text{ MPa}$  とすることが好ましい。前記ジェットミル粉碎の時間は、3時間とすることが好ましい。

10

【0047】

ここで、前記粉碎を行った後、本分野における通常の方法で粉体に潤滑剤、例えば、ステアリン酸亜鉛を添加することができる。前記潤滑剤の添加量は、混合後の粉末重量の  $0.10 \sim 0.15\%$ 、例えば  $0.12\%$  とすることができ。

【0048】

本発明において、前記成形の操作及び条件は、本分野における通常の方法及び条件であることができ、例えば、磁場成形法又はホットプレス熱間成形法である。

【0049】

本発明において、前記焼結の操作及び条件は、本分野における通常の方法及び条件であることができる。例えば、真空条件下（例えば  $5 \times 10^{-3} \text{ Pa}$  の真空条件下）で予熱、焼結、冷却を経てよい。

20

【0050】

ここで、前記予熱の温度は、一般的に  $300 \sim 600$  である。前記予熱の時間は、一般的に  $1 \sim 2 \text{ h}$  である。前記予熱は、 $300$  及び  $600$  の温度でそれぞれ1時間予熱することが好ましい。

【0051】

ここで、前記焼結の温度は、 $1030 \sim 1080$  であることが好ましく、例えば、 $1040$  である。

【0052】

ここで、前記焼結の時間は、本分野における通常の方法であることができ、例えば  $2 \text{ h}$  である。

30

【0053】

ここで、前記冷却の前に、ガス圧が  $0.1 \text{ MPa}$  に達するように  $\text{Ar}$  ガスを導入することができる。

【0054】

本発明において、前記焼結の後、前記時効処理の前に、粒界拡散処理をさらに行うことが好ましい。

【0055】

ここで、前記粒界拡散処理の操作及び条件は、本分野における通常の方法及び条件であることができる。例えば、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の表面に、 $\text{Tb}$  を含有する物質及び/又は  $\text{Dy}$  を含有する物質を蒸着、塗布、又はスパッタ付着させて、拡散熱処理すればよい。

40

【0056】

前記  $\text{Tb}$  を含有する物質は、 $\text{Tb}$  金属、 $\text{Tb}$  を含有する化合物、例えば、 $\text{Tb}$  を含有するフッ化物又は合金であってもよい。

【0057】

前記  $\text{Dy}$  を含有する物質は、 $\text{Dy}$  金属、 $\text{Dy}$  を含有する化合物、例えば、 $\text{Dy}$  を含有するフッ化物又は合金であってもよい。

【0058】

前記拡散熱処理の温度は、 $800 \sim 900$ 、例えば  $850$  であってもよい。

50

## 【 0 0 5 9 】

前記拡散熱処理の時間は、12～48h、例えば24hであってもよい。

## 【 0 0 6 0 】

本発明において、前記時効処理では、二次時効処理の温度は、520～650℃であることが好ましく、例えば550℃である。

## 【 0 0 6 1 】

本発明において、前記二次時効処理では、温度が550～650℃まで上昇した昇温速度は、3～5℃/minとすることが好ましく、前記昇温の開始点は室温とすることができる。

## 【 0 0 6 2 】

本発明において、前記室温は、25 ± 5 である。

## 【 0 0 6 3 】

本発明には、ネオジム鉄ホウ素磁石材料がさらに提供され、それは、上記の製造方法で製造されている。

## 【 0 0 6 4 】

本発明には、ネオジム鉄ホウ素磁石材料が提供され、質量百分率で下記の含有量の成分を含み、

R' : 29.4～32.6%、前記R'に、Pr及びNdが含まれ、

ここで、Pr 17.14%、

Cu : 0.34%、

B : 0.9～1.2%、

Fe : 64～69.2%、

パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。

## 【 0 0 6 5 】

本発明において、前記Prの含有量は、好ましくは17.14～26.1%であり、例えば、17.149%、17.15%、17.154%、18.15%、18.152%、18.154%、18.155%、19.15%、19.152%、19.154%、19.155%、19.159%、20.13%、20.155%、20.16%、21.157%、22.15%、22.151%、22.152%、22.1555%、23.15%、24.151%、24.152%、24.155%、24.157%、24.158%、25.15%、25.152%、25.153%、25.156%又は26.01%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。

## 【 0 0 6 6 】

本発明において、前記Ndの含有量は、好ましくは15%以下であり、より好ましくは4～13%であり、例えば、4.02%、5.847%、5.84%、5.849%、5.85%、5.851%、5.852%、5.853%、5.854%、6.851%、6.852%、6.853%、7.85%、8.846%、8.847%、8.85%、8.851%、8.852%、8.853%、9.85%、9.851%、10.844%、10.846%、10.849%、11.349%、11.384%、12.341%、12.345%、12.348%、12.35%、12.351%、12.364%、12.791%、12.802%又は12.849%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。

## 【 0 0 6 7 】

本発明において、前記Ndと前記R'との総質量の比は、0.5未満であることが好ましく、より好ましくは0.1～0.45であり、例えば、0.1、0.12、0.13、0.18、0.2、0.21、0.23、0.24、0.25、0.26、0.27、0.3、0.31、0.37、0.38、0.4、0.41又は0.42である。

## 【 0 0 6 8 】

10

20

30

40

50

本発明において、前記 R' の含有量は、好ましくは 29.49 ~ 32.53 % であり、例えば、29.495 %、29.501 %、30.003 %、30.004 %、30.03 %、30.441 %、30.517 %、30.518 %、30.957 %、30.98 %、31 %、31.006 %、31.0065 %、31.009 %、31.011 %、31.012 %、31.013 %、31.498 %、31.504 %、31.539 %、31.946 %、31.972 %、31.977 %、31.995 %、31.999 %、32 %、32.001 %、32.013 %、32.015 %、32.021 %、32.022 %、32.023 %、32.024 %、32.025 %、32.026 %、32.027 %、32.04 %、32.043 %、32.437 % 又は 32.521 % であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。

10

## 【0069】

本発明において、前記 R' は、Pr および Nd 以外の他の希土類元素、例えば Y をさらに含むことが好ましい。

## 【0070】

本発明において、R' は、RH をさらに含むことが好ましく、前記 RH は、重希土類元素であり、前記 RH の種類は、好ましくは Dy、Tb 及び Ho のうちの 1 種又は複数種を含み、より好ましくは Dy 及び / 又は Tb である。

## 【0071】

ここで、前記 RH 及び前記 R' の質量比は、好ましくは  $< 0.253$  であり、好ましくは  $0 \sim 0.07$  であり、例えば、 $1.01 / 32.015$ 、 $1.02 / 30.517$ 、 $1.02 / 32.021$ 、 $1.02 / 32.023$ 、 $1.02 / 32.024$ 、 $1.02 / 32.024$ 、 $1.02 / 32.025$ 、 $1.02 / 32.025$ 、 $1.02 / 32.026$ 、 $1.03 / 32.04$ 、 $1.04 / 32.043$ 、 $1.432 / 32.437$ 、 $1.46 / 30.441$ 、 $1.47 / 31.972$ 、 $1.48 / 31.977$ 、 $1.5 / 32$ 、 $1.52 / 32.521$ 、 $1.98 / 30.98$ 、 $1.99 / 31.995$ 、 $1 / 31.999$ 、 $1 / 32$ 、 $2.01 / 31.011$ 、 $2.01 / 31.013$ 、 $2.01 / 32.013$ 、 $2.02 / 32.022$ 、 $2.02 / 32.027$ 、 $2 / 31$  又は  $2 / 31.012$  である。

20

## 【0072】

ここで、前記 RH の含有量は、好ましくは 1 ~ 2.5 % であり、例えば、1 %、1.01 %、1.02 %、1.03 %、1.04 %、1.432 %、1.46 %、1.47 %、1.48 %、1.5 %、1.52 %、1.98 %、1.99 %、2 %、2.01 % 又は 2.02 % であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。

30

## 【0073】

前記 RH に Tb が含まれる場合、前記 Tb の含有量は、好ましくは 0.5 ~ 2 % であり、例えば、0.7 %、0.72 %、0.82 %、0.9 %、0.91 %、1 %、1.02 %、1.47 %、1.48 %、1.5 %、1.81 %、1.88 %、1.89 %、1.9 %、1.91 % 又は 2.01 % であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。

40

## 【0074】

前記 RH に Dy が含まれる場合、前記 Dy の含有量は、好ましくは 0.5 wt. % 以下であり、例えば、0.1 %、0.2 %、0.21 %、0.3 %、0.31 % 又は 0.312 % であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料における質量百分率を意味する。

## 【0075】

前記 RH に Ho が含まれる場合、前記 Ho の含有量は、本分野における通常の含有量であることができ、一般的に 0.8 ~ 2 % であり、例えば、0.98 %、0.99 % 又は 1 % であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料における質量百分率を意味する。

50

## 【0076】

本発明において、前記Cuの含有量は、好ましくは0.34~1.3%であり、例えば、0.341%、0.41%、0.452%、0.47%、0.502%、0.51%、0.52%、0.598%、0.62%、0.648%、0.649%、0.701%、0.702%、0.71%、0.78%、0.79%、0.795%、0.806%、0.81%、0.852%、0.89%、0.901%、0.903%、0.91%、0.92%、0.948%、1.021%、1.05%、1.08%、1.101%、1.103%、1.12%、1.18%、1.19%、1.202%又は1.21%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料における質量百分率を意味する。

## 【0077】

本発明において、前記Bの含有量は、好ましくは0.95~1.2%であり、例えば、0.983%、0.984%、0.985%、0.988%、0.989%、1.02%又は1.19%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料における質量百分率を意味する。

## 【0078】

本発明において、前記Feの含有量は、好ましくは64.8~69.2%であり、例えば、64.965%、65.031%、65.095%、65.155%、65.204%、65.36%、65.4%、65.458%、65.525%、65.626%、65.63%、65.686%、65.817%、65.8395%、65.869%、65.909%、65.963%、65.994%、65.995%、66.039%、66.04%、66.099%、66.157%、66.218%、66.267%、66.364%、66.377%、66.427%、66.437%、66.52%、66.605%、66.671%、66.8075%、66.81%、66.87%、67.095%、67.12%、67.137%、67.457%、67.578%、67.996%、68.302%、68.556%又は69.181%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料における質量百分率を意味する。

## 【0079】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料には、Alがさらに含まれることが好ましい。

## 【0080】

本発明において、前記Alの含有量は、好ましくは0.5%以下であり、より好ましくは0.03~0.5wt.%であり、例えば、0.01%、0.02%、0.03%、0.1%、0.102%、0.12%、0.2%、0.21%、0.24%、0.25%、0.29%、0.3%、0.31%、0.38%、0.4%、0.42%、0.45%、0.46%又は0.48%であり、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料における質量百分率を意味する。

## 【0081】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料には、Zrがさらに含まれることが好ましい。

## 【0082】

本発明において、前記Zrの含有量は、好ましくは0.05~0.31wt.%であり、例えば、0.1%、0.21%、0.22%、0.25%、0.251%、0.252%、0.261%、0.272%、0.28%、0.281%、0.282%、0.291%、0.3%或0.301%であり、より好ましくは0.25~0.31であり、パーセントとは、各成分の質量がネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める百分率を意味する。

## 【0083】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料には、Gaがさらに含まれることが好ましい。

## 【0084】

10

20

30

40

50

ここで、前記Gaの含有量は、好ましくは0.51%以下であり、0.1~0.51%であることが好ましく、例えば、0.1%、0.101%、0.102%、0.11%、0.12%、0.152%、0.18%、0.2%、0.202%、0.24%、0.25%、0.251%、0.302%、0.401%又は0.501%であり、パーセントとは、各成分の質量がネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める百分率を意味する。

【0085】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料には、Coがさらに含まれることが好ましい。

【0086】

ここで、前記Coの含有量は、好ましくは0.2~1.5%であり、例えば、0.2%又は1%であり、パーセントとは、各成分の質量がネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める百分率を意味する。 10

【0087】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料には、一般的にOがさらに含まれる。

【0088】

ここで、前記Oの含有量は、好ましくは0.13%以下であり、パーセントとは、各成分の質量がネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める百分率を意味する。

【0089】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料は、本分野における通常他の元素、例えば、Zn、Ag、In、Sn、V、Cr、Nb、Ti、Mo、Ta、Hf及びWのうちの1種又は複数種をさらに含んでもよい。 20

【0090】

ここで、前記Znの含有量は、本分野における通常含有量であることができ、好ましくは0.02~0.08%であり、例えば、0.03%、0.04%又は0.07%であり、パーセントとは、各成分の質量がネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める百分率を意味する。

【0091】

ここで、前記Moの含有量は、本分野における通常含有量であることができ、好ましくは0.01~0.08%であり、例えば、0.03%、0.06%又は0.07%であり、パーセントとは、各成分の質量がネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める百分率を意味する。 30

【0092】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R': 29.4~32.6%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、Pr 17.14%、Cu: 0.34%、Al: 0.5%、B: 0.9~1.2%、Fe: 64~69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.14~26.1%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35~1.2%であり、より好ましくは、前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1~2.5%であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。 40

【0093】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R': 29.4~32.6%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、Pr 17.15%、Cu: 0.34%、Zr: 0.25~0.3%、B: 0.9~1.2%、Fe: 64~69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.14~26.1%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35~1.2%であり、より好ましくは、前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1~2.5%であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に 50



占める質量百分率を意味する。

【0094】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R'：29.4～32.6%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、Pr 17.14%、Cu：0.34%、Al：0.5%、Zr：0.25～0.3%、B：0.9～1.2%、Fe：64～69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.14～26.1%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35～1.2%であり、より好ましくは、前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1～2.5%であることが好ましく、前記RHの種類は、Dy及び/又はTb 10  
であることが好ましく、ここで、前記Tbの含有量は、0.5～2%であることが好ましく、前記Dyの含有量は、1%以下であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0095】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R'：29.4～32.6%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、Pr 17.14%、Cu：0.34%、Ga：0.42%、B：0.9～1.2%、Fe：64～69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.14～26.1%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35～1.3%であり、より好ましくは、前記R'には、RHがさらに 20  
含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1～2.5%であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0096】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R'：29.4～32.6%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、Pr 17.14%、Cu：0.34%、Al：0.5%、Ga：0.42%、B：0.9～1.2%、Fe：64～69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.14～26.1%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35～1.3%であり、より好ましくは、前記R' 30  
には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1～2.5%であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0097】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R'：29.4～32.6%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、Pr 17.14%、Cu：0.34%、Ga：0.42%、Zr：0.25～0.3%、B：0.9～1.2%、Fe：64～69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.14～26.1%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35～1.3%であり、より好ましくは、 40  
前記R'には、RHがさらに含まれ、前記RHは重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1～2.5%であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0098】

本発明において、前記ネオジム鉄ホウ素磁石材料は、質量百分率で下記の含有量の成分を含むことが好ましく、R'：29.4～32.6%、前記R'は、希土類元素であり、前記R'には、Pr及びNdが含まれ、ここで、Pr 17.14%、Cu：0.34%、Al：0.5%、Ga：0.42%、Zr：0.25～0.3%、B：0.9～1.2%、Fe：64～69.2%であり、より好ましくは、前記Prの含有量は17.14～26.1%であり、より好ましくは、前記Cuの含有量は0.35～1.3%であり 50

、より好ましくは、前記 R ' には、R H がさらに含まれ、前記 R H は重希土類元素であり、前記重希土類元素の含有量は、1 ~ 2 . 5 % であることが好ましく、前記 R H の種類は、D y 及び / 又は T b であることが好ましく、ここで、前記 T b の含有量は、0 . 5 ~ 2 % であることが好ましく、前記 D y の含有量は、1 % 以下であることが好ましく、パーセントとは、前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0099】

本発明において、パーセントとは、各成分が前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の総質量に占める質量百分率を意味する。

【0100】

本発明には、ネオジウム鉄ホウ素磁石材料がさらに提供され、前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の結晶粒間三角領域において、P r と C u の合計の質量が前記結晶粒間三角領域の各元素の総質量に占める比を Q 1 とし、前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の粒界において、P r と C u の合計の質量が前記粒界における各元素の総質量に占める比を Q 2 とし、ここで、 $Q 1 < Q 2$ 、且つ、 $Q 2 \leq 0 . 1$  である。

10

【0101】

好ましくは、前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料の成分は、上記のネオジウム鉄ホウ素磁石材料に示されている。

【0102】

本発明において、前記粒界とは、2つの結晶粒の間の境界を意味し、前記結晶粒間三角領域は、3つ以上の結晶粒によって形成される空隙を意味する。

20

【0103】

本発明には、前記ネオジウム鉄ホウ素磁石材料がモーターにおいて電子部品としての応用がさらに提供される。

【0104】

本発明において、前記モーターは、新エネルギー自動車駆動用モーター、空調用圧縮機又は産業用サーボモーター、風力発電機、省エネエレベータ又はスピーカーアセンブリであることが好ましい。

【0105】

本分野の常識に適合した上で、上記の各好ましい条件を任意に組み合わせれば、本発明の各好適な実施例を得ることができる。

30

【0106】

本発明に使用されている試薬及び原料は、いずれも市販されている。

【発明の効果】

【0107】

本発明の積極的な進歩的効果は、本発明におけるネオジウム鉄ホウ素磁石材料において、プラセオジウムと銅の含有量を同時に増加させることで、粒界相をより鮮明にし、得られたネオジウム鉄ホウ素磁石材料の残留磁束密度と保磁力の両方はいずれも高いという点にある。

【図面の簡単な説明】

【0108】

【図1】図1は、実施例10で製造されたネオジウム鉄ホウ素磁石材料を F E - E P M A で面走査することによって形成した P r、N d、C u、T i、C o 及び O 元素の分布図である。

40

【図2】図2は、実施例10におけるネオジウム鉄ホウ素磁石材料の粒界における元素の分布図であり、図において、1は、粒界における定量分析用の点である。

【図3】図3は、実施例10におけるネオジウム鉄ホウ素磁石材料の結晶粒間三角領域の元素の分布図であり、図において、1は、結晶粒間三角領域における定量分析用の点である。

【発明を実施するための形態】

【0109】

50

以下、実施例により本発明をさらに説明するが、本発明を前記実施例の範囲に制限するものではない。以下の実施例において、具体的な条件が明記されない実験方法は、通常の方法及び条件に従って、又は商品仕様書に応じて選択される。以下の表において、wt. %とは、成分の前記R - T - B系永久磁石材料の原料組成物における質量百分率を意味する。「/」は、当該元素が添加されていないことを表す。「Br」は、残留磁束密度であり、「Hcj」は、保磁力 (intrinsic coercivity) である。

【0110】

各実施例及び比較例におけるネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の成分を下記の表1に示す。

【0111】

表1 各実施例及び比較例におけるネオジム鉄ホウ素磁石材料の原料組成物の成分 (wt. %)

10

20

30

40

50

番号	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Cu	Al	Ga	Zr	Co	Zn	Mo	B	Fe
1	12.35	17.15	/	/	/	0.35	/	/	/	/	/	/	0.985	69.165
2	12.85	17.15	/	/	/	0.45	/	/	/	/	/	/	0.985	68.565
3	12.35	18.15	/	/	/	0.5	/	/	/	/	/	/	0.985	68.015
4	12.85	18.15	/	/	/	0.6	/	/	/	/	/	/	0.985	67.415
5	12.35	19.15	/	/	/	0.65	/	/	/	/	/	/	0.985	66.865
6	12.85	19.15	/	/	/	0.7	/	/	/	/	/	/	0.985	66.315
7	11.35	20.15	/	/	/	0.8	/	/	/	/	/	/	0.985	66.715
8	11.35	20.15	/	/	/	0.9	/	/	/	/	/	/	0.985	66.615
9	10.85	21.15	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	0.985	66.015
10	4	26	/	/	/	1.1	/	/	0.1	0.2	/	/	0.985	67.615
11	8.85	22.15	/	/	/	1.2	/	/	/	/	/	/	0.985	66.815
12	5.85	25.15	0.3	0.7	/	0.5	0.03	/	/	/	/	/	0.985	66.485
13	5.85	25.15	/	1	/	0.7	0.1	/	/	/	/	/	0.985	66.215
14	5.85	24.15	0.2	1.8	/	0.9	0.2	/	/	/	/	/	0.985	65.915
15	5.85	24.15	/	2	/	1.1	0.25	/	/	/	/	/	0.985	65.665
16	8.85	22.15	0.2	0.8	/	1.2	/	0.1	/	/	/	/	0.985	65.715
17	8.85	22.15	0	1	/	0.85	/	0.2	/	/	/	/	0.985	65.965
18	7.85	23.15	0.1	0.9	/	0.65	/	/	0.1	/	/	/	0.985	66.265
19	7.85	23.15	0.1	0.9	/	0.95	/	/	0.25	/	/	/	0.985	65.815
20	12.35	18.15	/	1.5	/	1.05	/	/	/	1			0.985	64.965
21	10.85	19.15	0.1	1.9	/	0.8	0.1	0.1	/	/	/	/	0.985	66.015
22	10.85	19.15	0.1	1.9	/	0.9	0.3	0.2	/	/	/	/	0.985	65.615
23	12.35	18.15	/	1.5	/	0.5	/	0.25	0.22	/	/	/	0.985	66.045
24	12.35	18.15	/	1.5	/	0.6	/	0.1	0.28	/	/	/	0.985	66.035
25	9.85	19.15	0.1	1.9	/	1.2	0.2	/	0.25	/	/	/	0.985	66.365
26	9.85	19.15	0.1	1.9	/	0.8	0.4	/	0.3	/	/	/	0.985	66.515
27	8.85	22.15	0.1	0.9	/	0.9	0.3	/	0.26	/	/	/	1	65.54
28	5.85	25.15	0.2	0.8	/	1.2	0.46	/	0.29	/			0.985	65.065
29	5.85	25.15	0.3	0.7	/	1.1	0.48	/	0.3	/			0.985	65.135
30	9.85	19.15	0.1	1.9	/	0.6	0.2	0.15	0.2	/			0.985	66.865
31	8.85	22.15	0.3	0.7	/	0.8	0.3	0.18	0.25	/			0.985	65.485
32	6.85	24.15	/	/	/	0.8	0.4	0.2	0.27	/			1.1	66.23
33	6.85	24.15	/	/	/	0.9	0.45	0.24	0.28	/			1.2	65.93
34	9.85	19.15	/	2	/	0.4	0.1	0.1	0.25				0.985	67.165
35	6.85	24.15	/	1	/	0.5	0.25	0.1	0.3				0.985	65.865
36	12.35	17.15				0.7	0.02	0.25	0.25				0.985	68.295
37	12.35	17.15		1		0.8	0.02	0.3	0.25				0.985	67.145
38	8.85	22.15	0.3	0.7		0.9	0.03	0.4	0.28				0.985	65.405
39	8.85	22.15	0.3	0.7		1.1	0.03	0.5	0.3				0.985	65.085
40	8.85	20.15	0.3	0.7	1.0	0.8	0.3	0	0.25	/	0.04	0.08	0.985	66.545

10

20

30

40

41	8.85	20.15	0.3	0.7	1.0	0.9	0.3	0	0.25	/	0.08	0.04	0.985	66.445
42	6.85	24.15	/	/	1.0	0.9	0.4	0	0.25	/	0.05	0.05	0.985	65.365
45	5.85	25.15	/	1	/	0.2	0.1	/	/	/	/	/	0.985	66.715
46	5.85	25.15	/	1	/	0.1	0.1	/	/	/	/	/	0.985	66.815
47	14.85	15.15			/	0.9	0.2	/	/	/	/	/	0.985	67.915
48	21.15	8.85			/	0.9	0.2	/	/	/	/	/	0.985	67.915

50

## 【 0 1 1 2 】

## 実施例 1

ネオジム鉄ホウ素磁石材料の製造方法は以下の通りである。

## 【 0 1 1 3 】

( 1 ) 溶解製錬鑄造の工程：表 1 に示される成分に従って、調製した原料をアルミナ製の坩堝に入れ、高周波真空誘導溶解炉において  $5 \times 10^{-2}$  Pa の真空中で 1500 以下の温度で真空溶解製錬する。真空溶解製錬した後の溶解炉に Ar ガスを導入し、気圧を 5.5 万 Pa にした後に鑄造し、 $10^2$  / 秒 ~  $10^4$  / 秒の冷却速度で急冷合金を得る。

## 【 0 1 1 4 】

( 2 ) 水素破碎工程：急冷合金を置く溶解炉を室温で真空引きした後、純度 99.9% の水素ガスを水素破碎用炉内に導入して水素ガス圧力を 0.15 MPa に維持する。水素吸収を十分に行った後、真空引きしながら昇温し、十分に脱水素する。その後、冷却し、水素破碎した粉末を取り出す。

## 【 0 1 1 5 】

( 3 ) ジェットミル工程：水素破碎した粉末を、酸化ガス含有量 150 ppm 以下の窒素ガス雰囲気下及び粉碎室圧力 0.38 MPa の条件下で 3 時間ジェットミル粉碎し、微粉を得る。酸化ガスは、酸素又は水分を指す。

## 【 0 1 1 6 】

( 4 ) ジェットミル粉碎した後の粉末にステアリン酸亜鉛を添加し、ステアリン酸亜鉛の添加量を混合後の粉末重量の 0.12% として、V ブレンダーで十分に混合する。

## 【 0 1 1 7 】

( 5 ) 磁場成形の工程：上記のステアリン酸亜鉛を添加した粉末を、直角配向型の磁場成形機を用いて、1.6 T の配向磁場中及び  $0.35 \text{ ton} / \text{cm}^2$  の成形圧力で、一辺が 25 mm の立方体に一次成形し、一次成形後、0.2 T の磁場で減磁する。一次成形後の成形体を空気に触れさせないように、それをシールし、その後、二次成形機（静水圧成形機）を用いて、 $1.3 \text{ ton} / \text{cm}^2$  の圧力で二次成形を行う。

## 【 0 1 1 8 】

( 6 ) 焼結の工程：各成形体を焼結炉に搬送して焼結し、 $5 \times 10^{-3}$  Pa の真空下且つ 300 及び 600 の温度でそれぞれ 1 時間を保持し、その後、1040 の温度で 2 時間焼結し、そして、Ar ガスを導入して 0.1 MPa までガス圧を到達させた後、室温まで冷却する。

## 【 0 1 1 9 】

( 7 ) 時効処理の工程：焼結体を高純度の Ar ガス中且つ 550 の温度で 3 時間の熱処理を行った後、室温まで冷却して取り出す。

## 【 0 1 2 0 】

実施例 2 - 4 2 及び比較例 4 5 - 4 8 の製造工程は実施例 1 と同じである。

## 【 0 1 2 1 】

実施例 4 3 及び 4 4 には、Tb 粒界拡散法の製造工程が用いられている。

## 【 0 1 2 2 】

表 1 における番号 1 2 と 1 6 の原料組成物について、実施例 1 の焼結体の製造に従って、まず焼結体を製造して取得し、次いで粒界拡散を行い、その後、時効処理を行う。ここで、時効処理の工程は、実施例 1 と同じであり、粒界拡散の処理工程は以下の通りである。

焼結体を直径 20 mm、シート厚さ 7 mm 未満の磁石に加工し、厚さ方向を磁場配向方向とし、表面を清浄化した後、それぞれ Tb フッ化物により調製された原料を用いて、磁石に全面噴霧してコーティングし、コーティングした磁石を乾燥し、高純度の Ar ガス雰囲気下で、磁石の表面に Tb 元素の金属をスパッタ付着させ、850 の温度で 24 時間拡散熱処理する。室温まで冷却された。

## 【 0 1 2 3 】

10

20

30

40

50

## 効果実施例

各実施例及び比較例で得られたネオジム鉄ホウ素磁石材料の磁気特性及び成分を測定し、その磁性体の結晶構造をF E - E P M Aで観察した。

## 【 0 1 2 4 】

( 1 ) 磁気特性の評価：中国計量院のN I M - 1 0 0 0 0 H型B H大塊希土類永久磁石非破壊測定システムを用いて磁石材料の磁気特性検出を行った。以下の表2は、磁気特性検出の結果を示している。

## 【 0 1 2 5 】

表 2

番号	Br (kGs)	Hcj (kOe)	80℃ Hcj 温度係数絶対 値	150℃ Hcj 温度係数絶 対値	180℃ Hcj 温度係数絶 対値
1	14.35	17.01	0.689	/	/
2	14.16	17.62	0.684	/	/
3	13.98	18.03	0.679	/	/
4	14.01	18.21	0.674	/	/
5	13.84	18.56	0.672	/	/
6	13.65	18.88	0.668	/	/
7	13.7	19.15	0.663	/	/
8	13.62	19.39	0.663	/	/
9	13.5	20.11	0.652	/	/
10	13.49	20.64	0.648	/	/
11	13.7	22	0.621	/	/
12	13.30	23.6	0.601	/	/
13	13.19	25.24	/	0.515	/
14	13.06	28.02	/	0.485	/
15	13.00	28.98	/	0.479	/
16	13.59	24.48	/	0.523	/
17	13.25	24.68	/	0.520	/
18	13.29	22.73	0.619	/	/
19	13.15	24.03	/	0.520	/
20	13.02	25.23	/	0.515	/
21	13.27	26.81	/	0.512	/
22	13.07	28.71	/	0.491	/
23	13.34	25.66	/	0.519	/
24	13.29	25.08	/	0.522	/
25	13.39	27.24	/	0.493	/
26	12.91	27.09	/	0.503	/
27	13.29	24.69	/	0.531	/

10

20

30

40

50

28	13.01	26.97	/	0.508	/
29	12.66	26.84		0.511	
30	13.15	26.87	/	0.504	/
31	13.14	26.05	/	0.510	/
32	13.10	26.68	/	0.509	/
33	13.59	23.93	0.591	/	/
34	13.42	24.47	/	0.524	/
35	13.18	23.73	0.593	/	/
36	14.33	18.76	0.675	/	/
37	13.74	23.39	0.599	/	/
38	13.19	26.04	/	0.510	/
39	12.95	27.52	/	0.488	/
40	12.75	24.19	/	0.521	/
41	12.79	24.23	/	0.519	/
42	12.63	23.72	0.594	/	/
43	13.02	33.2	/	/	0.428
44	13.37	34.8	/	/	0
45	13.27	21.75	0.629	/	/
46	13.30	21.53	0.632	/	/
47	13.8	16.8	0.742	/	/
48	14.0	14.9	0.782	/	/

10

20

30

40

50

## 【 0 1 2 6 】

( 2 ) 成分の測定：各成分に対して、高周波誘導結合プラズマ発光分光分析装置 ( I C P - O E S ) を用いて測定した。以下の表 3 に示すのは、成分検出の結果である。

## 【 0 1 2 7 】

表 3

番号	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Cu	Al	Ga	Zr	Co	Zn	Mo	B	Fe
1	12.341	17.154	/	/	/	0.341	/	/	/	/	/	/	0.983	69.181
2	12.849	17.154	/	/	/	0.452	/	/	/	/	/	/	0.989	68.556
3	12.364	18.154	/	/	/	0.502	/	/	/	/	/	/	0.984	67.996
4	12.802	18.155	/	/	/	0.598	/	/	/	/	/	/	0.988	67.457
5	12.348	19.15	/	/	/	0.649	/	/	/	/	/	/	0.983	66.87
6	12.791	19.155	/	/	/	0.701	/	/	/	/	/	/	0.989	66.364
7	11.384	20.155	/	/	/	0.806	/	/	/	/	/	/	0.984	66.671
8	11.349	20.155	/	/	/	0.903	/	/	/	/	/	/	0.988	66.605
9	10.844	21.157	/	/	/	1.021	/	/	/	/	/	/	0.983	65.995
10	4.02	26.01	/	/	/	1.103	/	/	0.1	0.2	/	/	0.989	67.578
11	8.851	22.1555	/	/	/	1.202	/	/	/	/	/	/	0.984	66.8075
12	5.854	25.156	0.31	0.72	/	0.52	0.02	/	/	/	/	/	0.983	66.437
13	5.848	25.156	/	1.02	/	0.71	0.12	/	/	/	/	/	0.989	66.157
14	5.849	24.158	0.21	1.81	/	0.91	0.21	/	/	/	/	/	0.984	65.869
15	5.847	24.155	/	2.02	/	1.12	0.24	/	/	/	/	/	0.988	65.63
16	8.846	22.155	0.2	0.82	/	1.19	/	0.12	/	/	/	/	0.983	65.686
17	8.85	22.15	0	1	/	0.852	/	0.2	/	/	/	/	0.985	65.963
18	7.85	23.15	0.1	0.9	/	0.648	/	/	0.1	/	/	/	0.985	66.267
19	7.85	23.15	0.1	0.9	/	0.948	/	/	0.25	/	/	/	0.985	65.817
20	12.35	18.15	/	1.5	/	1.05	/	/	/	1	/	/	0.985	64.965
21	10.849	19.154	0.1	1.91	/	0.81	0.1	0.1	/	/	/	/	0.983	65.994
22	10.846	19.159	0.1	1.89	/	0.89	0.3	0.2	/	/	/	/	0.989	65.626
23	12.345	18.152	/	1.48	/	0.47	/	0.25	0.22	/	/	/	0.984	66.099
24	12.35	18.152	/	1.47	/	0.62	/	0.1	0.28	/	/	/	0.988	66.04
25	9.85	19.15	0.1	1.88	/	1.21	0.2	/	0.25	/	/	/	0.983	66.377
26	9.85	19.15	0.1	1.9	/	0.795	0.4	/	0.3	/	/	/	0.985	66.52
27	8.853	22.152	0.1	0.91	/	0.91	0.3	/	0.261	/	/	/	0.989	65.525
28	5.851	25.153	0.2	0.82	/	1.21	0.46	/	0.291	/	/	/	0.984	65.031
29	5.85	25.15	0.3	0.7	/	1.08	0.48	/	0.3	/	/	/	0.985	65.155
30	9.851	19.152	0.1	1.91	/	0.62	0.21	0.152	0.21	/	/	/	0.985	66.81
31	8.853	22.152	0.3	0.72	/	0.81	0.29	0.18	0.252	/	/	/	0.985	65.458
32	6.851	24.155	/	/	/	0.78	0.42	0.202	0.272	/	/	/	1.102	66.218
33	6.852	24.157	/	/	/	0.92	0.45	0.24	0.282	/	/	/	1.19	65.909
34	9.851	19.15	/	2.01	/	0.41	0.102	0.101	0.251	/	/	/	0.988	67.137
35	6.852	24.151	/	1.02	/	0.502	0.250	0.102	0.301	/	/	/	0.983	65.839
36	12.351	17.150	/	/	/	0.702	0.01	0.251	0.251	/	/	/	0.983	68.302
37	12.348	17.149	/	1.02	/	0.79	0.03	0.302	0.252	/	/	/	0.989	67.12
38	8.848	22.151	0.3	0.7	/	0.901	0.03	0.401	0.281	/	/	/	0.988	65.4
39	8.847	22.152	0.3	0.7	/	1.101	0.02	0.501	0.301	/	/	/	0.983	65.095
40	8.851	20.13	0.3	0.17	0.99	0.81	0.31	0	0.251	/	0.04	0.07	0.983	67.095

10

20

30

40

50



41	8.852	20.16	0.3	0.72	0.98	0.91	0.31	0	0.252	/	0.07	0.03	0.989	66.427
42	6.853	24.152	/	/	1.02	0.91	0.38	0	0.251	/	0.03	0.06	0.984	65.36
43	5.853	25.152	0.312	1.12	/	0.51	0.03	/	/	/	/	/	0.984	66.039
44	8.846	22.155	0.2	1.32	/	1.18	/	0.11	/	/	/	/	0.985	65.204
45	5.853	25.153	/	1.02	/	0.19	0.07	/	/	/	/	/	0.988	66.726
46	5.852	25.151	/	1.04	/	0.09	0.09	/	/	/	/	/	0.983	66.794
47	14.851	15.153	/	/	/	0.91	0.22	/	/	/	/	/	0.983	67.883
48	21.152	8.852	/	/	/	0.93	0.21	/	/	/	/	/	0.989	67.867

10

## 【0128】

(3) FE-EPMAによる検出：実施例10を選択して磁石材料の垂直配向面を研磨し、電界放出電子プローブマイクロアナライザー（FE-EPMA）（日本電子株式会社（JEOL）、8530F）で検出した。まず、FE-EPMAで面走査することにより、磁石におけるPr、Cu、B、Fe、Co、O等の元素の分布を特定し、その後、FE-EPMAで単一点（シングルポイント）定量分析することにより、キー相（key phase）におけるPr、Cu、O等の元素の含有量を特定する。試験条件は、加速電圧15kV、プローブビーム50nAであった。

## 【0129】

本発明の成分により製造された永久磁石について、電界放出電子プローブマイクロアナライザー（FE-EPMA）を使用して、主にPr、Nd、Cu、Ti、Co及びO元素を分析し、且つ、図1に示されるように、粒界及び結晶粒間三角領域における元素を定量分析する。ここで、粒界とは、2つの結晶粒の間の境界を意味し、結晶粒間三角領域は、3つ以上の結晶粒によって形成される空隙を意味する。

20

## 【0130】

図2に示されるように、実施例10のネオジム鉄ホウ素磁石材料の粒界における元素の分布であり、Pr、Nd元素は主に主相に分布し、粒界においても一部の希土類が出現し、元素Cuと元素Zrは粒界に分布し、図2中の番号1で示した点を選択して粒界における元素を定量分析した結果を下記の表4に示す。

30

## 【0131】

表4

Pr (wt.%)	Nd (wt.%)	Cu (wt.%)	Zr (wt.%)	O (wt.%)	Fe (wt.%)
65.2	12.5	28.6	0.05	0.79	残部

## 【0132】

以上のデータから分かるように、PrとNdは、希土類リッチ相及び酸化物の形で粒界に存在し、それぞれ - Prと - Nd、Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、及びNdOであり、Cuは、主相に加えて、粒界において約28wt.%の特定の含有量、例えば、本実施例では28.6wt.%を占める。Zrは、高融点元素として全領域にわたって分散的に分布し、Cuの有効的な分布とPrの共同作用とを組み合わせ、粒界の濡れ性を向上させ、結晶体の欠陥を修復し、磁石の性能を向上させる。

40

## 【0133】

図3に示されるように、実施例10のネオジム鉄ホウ素磁石材料の結晶粒間三角領域における元素の分布であり、図3中の番号1で示した点を選択して結晶粒間三角領域における元素を定量分析した結果を下記の表5に示す。

50

【 0 1 3 4 】

表 5

Pr (wt.%)	Nd (wt.%)	Cu (wt.%)	Zr (wt.%)	O (wt.%)	Fe (wt.%)
42.2	23	31	0.02	1.3	残部

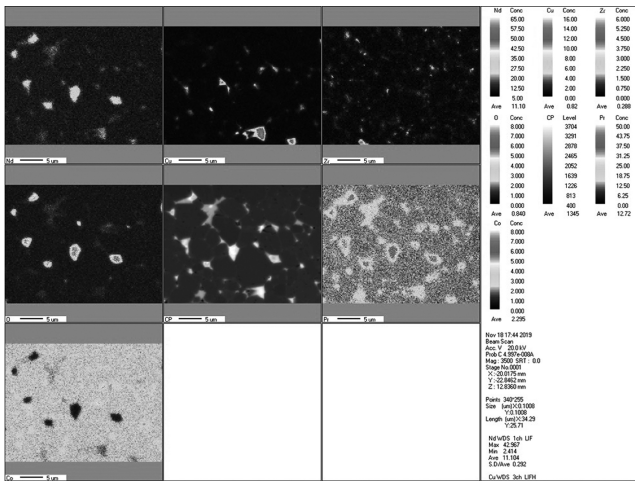
【 0 1 3 5 】

10

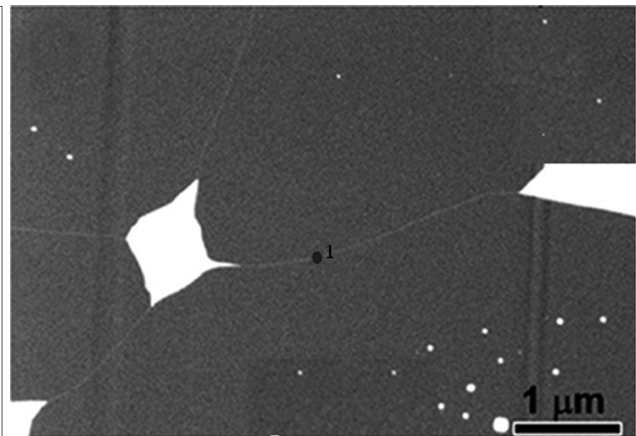
Pr 及び Nd 元素が結晶粒間三角領域に分布しており、高 Pr の成分では、Pr 及び Nd も結晶粒間三角領域に豊富に集まっていることが明らかになり、ここでの酸素含有量は粒界よりもやや高く、形成された酸化物も多くなり、時効処理した結果、希土類の酸化物も粒界に分布するようになり、主相間の交換結合を遮断することに有利であり、最終的に磁石の磁気特性を向上させる。

【 図面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



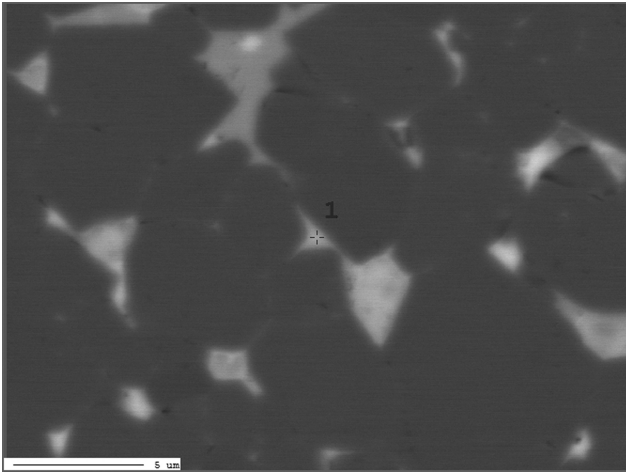
20

30

40

50

【 図 3 】



10

20

30

40

50

## 【 国际调查报告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. <b>PCT/CN2020/100587</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> H01F 1/057(2006.01)i; H01F 41/02(2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01F; B22F; H02K  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) DWPI; SIPOABS; CNABS; CNTXT; STN: 磁体, 铁, 钕, 铜, 错, 稀土, 熔炼, 铸造, 烧结, 时效, magnet+, Nd, Neodymium, Fe, iron, B, Boron, Cu, copper, Pr, praseodymium, RE, smelt+, cast+, sinter+, ageing		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110828089 A (XIAMEN TUNGSTEN CO., LTD. et al.) 21 February 2020 (2020-02-21) claims 1-10	1-10
Y	CN 105513737 A (YANTAI SHOUGANG MAGNETIC MATERIALS INC.) 20 April 2016 (2016-04-20) claim 1	1-10
Y	CN 103366918 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 23 October 2013 (2013-10-23) description, table 3	1-10
Y	CN 104064346 A (NINGBO TONGCHUANG STRONG MAGNET MATERIAL CO., LTD.) 24 September 2014 (2014-09-24) description, paragraph 7	1-10
A	CN 106128673 A (YANTAI SHOUGANG MAGNETIC MATERIALS INC.) 16 November 2016 (2016-11-16) entire document	1-10
A	CN 103077796 A (JIANGSU NANFANG PERMANENT MAGNETIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 01 May 2013 (2013-05-01) entire document	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search <b>14 September 2020</b>		Date of mailing of the international search report <b>30 September 2020</b>
Name and mailing address of the ISA/CN <b>China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China</b>		Authorized officer
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

10

20

30

40

50

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
**PCT/CN2020/100587**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
<b>Category*</b>	<b>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</b>	<b>Relevant to claim No.</b>
A	JP 2019169542 A (HITACHI METALS, LTD.) 03 October 2019 (2019-10-03) entire document	1-10
A	JP 2018056334 A (HITACHI METALS LTD.) 05 April 2018 (2018-04-05) entire document	1-10
A	JP 2013225533 A (HITACHI METALS LTD.) 31 October 2013 (2013-10-31) entire document	1-10

10

20

30

40

50

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2020/100587**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110828089	A	21 February 2020	None			
CN	105513737	A	20 April 2016	JP	2017128793	A	27 July 2017
				EP	3196896	A1	26 July 2017
				US	2017213627	A1	27 July 2017
				JP	6366666	B2	01 August 2018
				EP	3196896	B1	22 July 2020
CN	103366918	A	23 October 2013	None			
CN	104064346	A	24 September 2014	CN	104064346	B	17 August 2016
CN	106128673	A	16 November 2016	EP	3261101	B1	22 July 2020
				EP	3261101	A1	27 December 2017
				JP	2017226910	A	28 December 2017
				CN	106128673	B	30 March 2018
				US	2017372823	A1	28 December 2017
CN	103077796	A	01 May 2013	CN	103077796	B	17 June 2015
JP	2019169542	A	03 October 2019	None			
JP	2018056334	A	05 April 2018	JP	6617672	B2	11 December 2019
JP	2013225533	A	31 October 2013	None			

10

20

30

40

50

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/100587

<b>A. 主题的分类</b>		
H01F 1/057(2006.01)i; H01F 41/02(2006.01)i		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
<b>B. 检索领域</b>		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
H01F; B22F; H02K		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
DWPI; SIPOABS; CNABS; CNTXT; STN:磁体, 钕, 铁, 硼, 铜, 镨, 稀土, 熔炼, 铸造, 烧结, 时效, magnet+, Nd, Neodymium, Fe, iron, B, Boron, Cu, copper, Pr, praseodymium, RE, smelt+, cast+, sinter+, ageing		
<b>C. 相关文件</b>		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 110828089 A (厦门钨业股份有限公司等) 2020年 2月 21日 (2020 - 02 - 21) 权利要求1-10	1-10
Y	CN 105513737 A (烟台首钢磁性材料股份有限公司) 2016年 4月 20日 (2016 - 04 - 20) 权利要求1	1-10
Y	CN 103366918 A (通用电气公司) 2013年 10月 23日 (2013 - 10 - 23) 说明书表3	1-10
Y	CN 104064346 A (宁波同创强磁材料有限公司) 2014年 9月 24日 (2014 - 09 - 24) 说明书第7段	1-10
A	CN 106128673 A (烟台首钢磁性材料股份有限公司) 2016年 11月 16日 (2016 - 11 - 16) 全文	1-10
A	CN 103077796 A (江苏南方永磁科技有限公司) 2013年 5月 1日 (2013 - 05 - 01) 全文	1-10
A	JP 2019169542 A (HITACHI METALS LTD.) 2019年 10月 3日 (2019 - 10 - 03) 全文	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2020年 9月 14日		2020年 9月 30日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		赵义强
传真号 (86-10)62019451		电话号码 86-(10)-53962922

PCT/ISA/210 表(第2页) (2015年1月)

10

20

30

40

50

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/100587

G. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	JP 2018056334 A (HITACHI METALS LTD.) 2018年 4月 5日 (2018 - 04 - 05) 全文	1-10
A	JP 2013225533 A (HITACHI METALS LTD.) 2013年 10月 31日 (2013 - 10 - 31) 全文	1-10

10

20

30

40

50



国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/100587

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	110828089	A	2020年 2月 21日	无			
CN	105513737	A	2016年 4月 20日	JP	2017128793	A	2017年 7月 27日
				EP	3196896	A1	2017年 7月 26日
				US	2017213627	A1	2017年 7月 27日
				JP	6366666	B2	2018年 8月 1日
				EP	3196896	B1	2020年 7月 22日
CN	103366918	A	2013年 10月 23日	无			
CN	104064346	A	2014年 9月 24日	CN	104064346	B	2016年 8月 17日
CN	106128673	A	2016年 11月 16日	EP	3261101	B1	2020年 7月 22日
				EP	3261101	A1	2017年 12月 27日
				JP	2017226910	A	2017年 12月 28日
				CN	106128673	B	2018年 3月 30日
				US	2017372823	A1	2017年 12月 28日
CN	103077796	A	2013年 5月 1日	CN	103077796	B	2015年 6月 17日
JP	2019169542	A	2019年 10月 3日	无			
JP	2018056334	A	2018年 4月 5日	JP	6617672	B2	2019年 12月 11日
JP	2013225533	A	2013年 10月 31日	无			

PCT/ISA/210 表(同族专利附件) (2015年1月)

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

テーマコード (参考)

C 2 2 C

38/00

3 0 3 D

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

ティン インダストリアル ニュー ディヴェロップド ゾーン

(72)発明者

黄佳莹

中華人民共和国 3 6 1 0 0 0 フージャン プロヴィンス シアメン シティ ハイツァン ディストリクト カジンシェ

(72)発明者

黄吉祥

中華人民共和国 3 6 6 3 0 0 フージャン プロヴィンス ローンイエン チャンティン インダストリアル ニュー ディヴェロップド ゾーン

(72)発明者

ケン キ チェン

中華人民共和国 3 6 6 3 0 0 フージャン プロヴィンス ローンイエン チャンティン インダストリアル ニュー ディヴェロップド ゾーン

F ターム (参考)

4K017 AA04 BA06 BB01 BB04 BB05 BB06 BB09 BB12 BB13 BB18

DA04 EA03 EA09

4K018 AA27 BA18 CA04 DA21 DA32 EA01 FA08 FA11 KA45

5E040 AA04 BD01 CA01 NN01

5E062 CD04 CG02