



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110828089 B

(45) 授权公告日 2021.03.26

(21) 申请号 201911150975.1

(22) 申请日 2019.11.21

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110828089 A

(43) 申请公布日 2020.02.21

(73) 专利权人 厦门钨业股份有限公司  
地址 361000 福建省厦门市海沧区柯井社  
专利权人 福建省长汀金龙稀土有限公司

(72) 发明人 付刚 黄佳莹 黄吉祥 权其琛

(74) 专利代理机构 上海弼兴律师事务所 31283  
代理人 薛琦 倪丽红

(51) Int. Cl.  
H01F 1/057 (2006.01)  
H01F 41/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106024254 A, 2016.10.12  
US 2013142687 A1, 2013.06.06  
US 5876518 A, 1999.03.02

审查员 万琦萍

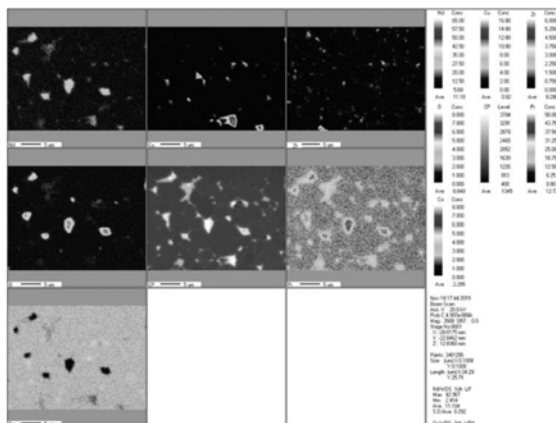
权利要求书6页 说明书16页 附图2页

(54) 发明名称

钕铁硼磁体材料、原料组合物及制备方法和应用

(57) 摘要

本发明公开了钕铁硼磁体材料、原料组合物及制备方法和应用。其中,该钕铁硼磁体材料的原料组合物,以质量百分比计,包括如下含量的组分:R':29.5~32%,所述R'为稀土元素,所述R'包括Pr和Nd;其中,所述Pr≥17.15%;Cu:≥0.35%;B:0.9~1.2%;Fe:64~69.2%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。本发明中的钕铁硼磁体材料可在不添加重稀土元素的情况下,得到的钕铁硼磁体材料的剩磁和矫顽力仍然较高。



1. 一种钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,其包括以下步骤:将钕铁硼磁体材料的原料组合物的熔融液经熔铸、氢破、成形、烧结和时效处理,即可;

以质量百分比计,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物包括如下含量的组分: $R'$ :29.5~32%,所述 $R'$ 为稀土元素,所述 $R'$ 包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.15%;

Cu: $\geq$ 0.35%;

B:0.9~1.2%;

Fe:64~69.2%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比;

在所述钕铁硼磁体材料的晶间三角区中,Pr和Cu的质量总和占所述晶间三角区的各元素总质量的比值为 $Q_1$ ;

在所述钕铁硼磁体材料的晶界处,Pr和Cu的质量总和占所述晶界处各元素总质量的比值为 $Q_2$ ;

其中, $Q_1 < Q_2$ ,且 $Q_2 \geq 0.1$ 。

2. 如权利要求1所述的钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,所述Pr的含量为17.15~26%;

和/或,所述Nd的含量在15%以下;

和/或,所述的 $R'$ 中还包括Y;

和/或,所述 $R'$ 还包括RH,所述RH为重稀土元素;

和/或,所述Cu的含量为0.35~1.3%;

和/或,所述B的含量为0.95~1.2%;

和/或,所述Fe的含量为64.8~69.2%;

和/或,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物中还包括Al;

和/或,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物中还包括Ga;

和/或,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物中还包括Zr;

和/或,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物中还包括Co;

和/或,所述的钕铁硼磁体材料的原料组合物还包括Zn、Ag、In、Sn、V、Cr、Mo、Ta、Hf和W中的一种或多种。

3. 如权利要求2所述的钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,所述Pr的含量为17.15%、18.15%、19.15%、20.15%、20.85%、21.15%、22.15%、23.15%、24.15%、25.15%或26%;

和/或,所述Nd的含量为4~13%;

和/或,所述RH的种类包括Dy、Tb和Ho中的一种或多种;

和/或,所述RH和所述 $R'$ 的质量比小于0.253;

和/或,所述RH的含量为1~2.5%;

和/或,所述Cu的含量为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%或1.2%;

和/或,所述B的含量为0.985%、1%、1.1%或1.2%;

和/或,所述Fe的含量为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%或69.165%；

和/或，当所述钕铁硼磁体材料的原料组合中还包括Al时，所述Al的含量在3%以下；

和/或，当所述钕铁硼磁体材料的原料组合中还包括Ga时，所述Ga的含量在1%以下；

和/或，当所述钕铁硼磁体材料的原料组合中还包括Zr时，所述Zr的含量在0.3%以下；

和/或，当所述钕铁硼磁体材料的原料组合中还包括Co时，所述Co的含量为0.2~1.5%；

和/或，当所述的钕铁硼磁体材料的原料组合还包括Zn时，所述Zn的含量在0.1%以下；

和/或，当所述的钕铁硼磁体材料的原料组合还包括Mo时，所述Mo的含量在0.1%以下。

4. 如权利要求3所述的钕铁硼磁体材料的制备方法，其特征在于，所述Nd的含量为4%、5.85%、6.85%、7.85%、8.85%、9.85%、10.65%、10.85%、11.35%、12.35%或12.85%；

和/或，所述RH的种类为Dy和/或Tb；

和/或，所述RH和所述R'的质量比为0~0.07；

和/或，所述RH的含量为1%、1.5%或2%；

和/或，当所述钕铁硼磁体材料的原料组合中还包括Al时，所述Al的含量为0.5%以下；

和/或，当所述钕铁硼磁体材料的原料组合中还包括Ga时，所述Ga的含量为0.05~0.6%；

和/或，当所述钕铁硼磁体材料的原料组合中还包括Zr时，所述Zr的含量为0.1%、0.2%、0.22%、0.25%、0.26%、0.27%、0.28%、0.29%或0.3%；

和/或，当所述钕铁硼磁体材料的原料组合中还包括Co时，所述Co的含量为0.2%或1%；

和/或，当所述的钕铁硼磁体材料的原料组合还包括Zn时，所述Zn的含量为0.04~0.08%；

和/或，当所述的钕铁硼磁体材料的原料组合还包括Mo时，所述Mo的含量为0.01~0.08%。

5. 如权利要求4所述的钕铁硼磁体材料的制备方法，其特征在于，当所述RH中含有Tb时，所述Tb的含量为0.5~2%；

和/或，当所述RH中含有Dy时，所述Dy的含量在1%以下；

和/或，当所述的RH中含有Ho时，所述Ho的含量为0.8~2%；

和/或，当所述钕铁硼磁体材料的原料组合中还包括Al时，所述Al的含量为0.02%、0.03%、0.1%、0.2%、0.25%、0.3%、0.4%、0.45%、0.46%或0.48%；

和/或，当所述钕铁硼磁体材料的原料组合中还包括Ga时，所述Ga的含量为0.1%、0.15%、0.18%、0.2%、0.24%、0.25%、0.3%、0.4%或0.5%；

和/或，当所述的钕铁硼磁体材料的原料组合还包括Zn时，所述Zn的含量为0.04%、0.05%或0.08%；

和/或，当所述的钕铁硼磁体材料的原料组合还包括Mo时，所述Mo的含量为0.04%、

0.05%或0.08%。

6. 如权利要求5所述的钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,当所述RH中含有Tb时,所述Tb的含量为0.7%、0.8%、0.9%、1%、1.5%、1.8%、1.9%或2%;

和/或,当所述RH中含有Dy时,所述Dy的含量为0.1%、0.2%或0.3%。

7. 如权利要求1-6中任一项所述的钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,以质量百分比计,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物包括如下含量的组分: $R'$ :29.5~32%,所述 $R'$ 为稀土元素,所述 $R'$ 包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.15%;Cu: $\geq$ 0.35%;Al: $\leq$ 0.5%;Zr:0.25~0.3%;B:0.9~1.2%;Fe:64~69.2%;百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

8. 如权利要求7所述的钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,所述Pr的含量为17.15~26%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比;

和/或,所述Cu的含量为0.35~1.2%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比;

和/或,所述 $R'$ 还包括RH,所述RH为重稀土元素。

9. 如权利要求8所述的钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,当所述 $R'$ 还包括重稀土元素时,所述重稀土元素的含量为1~2.5%;

和/或,所述RH的种类为Dy和/或Tb。

10. 如权利要求9所述的钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,当所述RH中还包括Tb时,所述Tb的含量为0.5~2%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比;

和/或,当所述RH中还包括Dy时,所述Dy的含量在1%以下,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

11. 如权利要求1-6中任一项所述的钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,以质量百分比计,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物包括如下含量的组分: $R'$ :29.5~32%,所述 $R'$ 为稀土元素,所述 $R'$ 包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.15%;Cu: $\geq$ 0.35%;Al: $\leq$ 0.5%;Ga: $\leq$ 0.42%;Zr:0.25~0.3%;B:0.9~1.2%;Fe:64~69.2%;百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

12. 如权利要求11所述的钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,所述Pr的含量为17.15~26%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比;

和/或,所述Cu的含量为0.35~1.2%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比;

和/或,所述 $R'$ 还包括RH,所述RH为重稀土元素。

13. 如权利要求12所述的钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,所述重稀土元素的含量为1~2.5%;

和/或,所述RH的种类为Dy和/或Tb。

14. 如权利要求13所述的钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,当所述RH中还包括Tb时,所述Tb的含量为0.5~2%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比;

和/或,当所述RH中还包括Dy时,所述Dy的含量在1%以下,百分比是指占所述钕铁硼磁

体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

15. 如权利要求1所述的钕铁硼磁体材料的制备方法,其特征在于,所述烧结之后、所述时效处理之前,还进行晶界扩散处理。

16. 一种钕铁硼磁体材料,其特征在于,其采用权利要求1-15中任一项所述的制备方法制得。

17. 一种钕铁硼磁体材料,其特征在于,以质量百分比计,其包括如下含量的组分:

R': 29.4~32.6%,所述R'包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.14%;

Cu:  $\geq$ 0.34%;

B: 0.9~1.2%;

Fe: 64~69.2%;

百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比;

在所述钕铁硼磁体材料的晶间三角区中,Pr和Cu的质量总和占所述晶间三角区的各元素总质量的比值为Q1;

在所述钕铁硼磁体材料的晶界处,Pr和Cu的质量总和占所述晶界处各元素总质量的比值为Q2;

其中,Q1<Q2,且Q2 $\geq$ 0.1。

18. 如权利要求17所述的钕铁硼磁体材料,其特征在于,所述Pr的含量为17.14~26.1%;

和/或,所述Nd的含量在15%以下;

和/或,所述Nd与所述R'的总质量的比值小于0.5;

和/或,所述R'的含量为29.49~32.53%;

和/或,所述的R'中还包括Y;

和/或,R'还包括RH,所述RH为重稀土元素

和/或,所述Cu的含量为0.34~1.3%;

和/或,所述B的含量为0.95~1.2%;

和/或,所述Fe的含量为64.8~69.2%;

和/或,所述的钕铁硼磁体材料中还包括Al;

和/或,所述的钕铁硼磁体材料中还包括Zr;

和/或,所述的钕铁硼磁体材料中还包括Ga;

和/或,所述的钕铁硼磁体材料中还包括Co;

和/或,所述的钕铁硼磁体材料中还包括O;

和/或,所述的钕铁硼磁体材料还包括Zn、Ag、In、Sn、V、Cr、Nb、Ti、Mo、Ta、Hf和W中的一种或多种。

19. 如权利要求18所述的钕铁硼磁体材料,其特征在于,所述Pr的含量为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%或26.01%;

和/或,所述Nd的含量为4~13%;

和/或,所述Nd与所述R'的总质量的比值为0.1~0.45;

和/或,所述R'的含量为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%或32.521%;

和/或,所述RH的种类包括Dy、Tb和Ho中的一种或多种;

和/或,所述RH和所述R'的质量比 $<0.253$ ;

和/或,所述RH的含量为1~2.5%;

和/或,所述Cu的含量为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%或1.21%;

和/或,所述B的含量为0.983%、0.984%、0.985%、0.988%、0.989%、1.02%或1.19%;

和/或,所述Fe的含量为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%或69.181%;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料中还包括Al时,所述Al的含量在0.5%以下;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料中还包括Zr时,所述Zr的含量为0.05~0.31wt%;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料中还包括Ga时,所述Ga的含量在0.51%以下;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料中还包括Co时,所述Co的含量为0.2~1.5%;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料中还包括O时,所述O的含量在0.13%以下;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料还包括Zn时,所述Zn的含量为0.02~0.08;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料还包括Mo时,所述Mo的含量为0.01~0.08%。

20.如权利要求19所述的钕铁硼磁体材料,其特征在于,所述Nd的含量为4.02%、5.847%、5.84%、85.849%、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%或12.849%;

和/或,所述RH的种类为Dy和/或Tb;

和/或,所述RH和所述R'的质量比为0~0.07;

和/或,所述RH的含量为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%或2.02%;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料中还包括Al时,所述Al的含量0.03~0.5wt%;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料中还包括Zr时,所述Zr的含量为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%;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料中还包括Ga时,所述Ga的含量为0.1~0.51%;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料中还包括Co时,所述Co的含量为0.2%或1%;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料还包括Zn时,所述Zn的含量为0.03%、0.04%或0.07%;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料还包括Mo时,所述Mo的含量为0.03%、0.06%或0.07%。

21. 如权利要求20所述的钕铁硼磁体材料,其特征在于,所述RH和所述R'的质量比为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或2/31.012;

和/或,当所述RH中含有Tb时,所述Tb的含量为0.5~2wt%;

和/或,当所述RH中含有Dy时,所述Dy的含量在0.5wt%以下;

和/或,当所述的RH中含有Ho时,所述Ho的含量为0.8~2%;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料中还包括Al时,所述Al的含量为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%或0.48%;

和/或,当所述的钕铁硼磁体材料中还包括Ga时,所述Ga的含量为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%或0.501%。

22. 如权利要求21所述的钕铁硼磁体材料,其特征在于,当所述RH中含有Tb时,所述Tb的含量为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%或2.01%;

和/或,当所述RH中含有Dy时,所述Dy的含量为0.1%、0.2%、0.21%、0.3%、0.31%或0.312%;

和/或,当所述的RH中含有Ho时,所述Ho的含量为0.98%、0.99%或1%。

23. 一种如权利要求16-22中任一项所述的钕铁硼磁体材料在电机中作为电子元器件的应用。

## 钕铁硼磁体材料、原料组合物及制备方法和应用

### 技术领域

[0001] 本发明具体涉及钕铁硼磁体材料、原料组合物及制备方法和应用。

### 背景技术

[0002] 以 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 为主要成分的钕铁硼(NdFeB)磁体材料,具有较高的剩磁、矫顽力和最大磁能积,综合磁性能优良,应用在风力发电、新能源汽车、变频家电等方面。目前现有技术中的钕铁硼磁体材料中的稀土成分通常以钕为主,少量的镨。目前现有技术中虽然有少量报道将镨替换一部分的钕可提高磁体材料的性能,但是提高的程度有限,仍然没有显著的提升。另一个方面,现有技术中矫顽力和剩磁的性能均较好的钕铁硼磁体材料,同时还需要依赖重稀土元素的大量添加,成本较为昂贵。

### 发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题在于克服了现有技术中钕铁硼磁体材料中将钕用部分的镨替代之后,磁体材料的矫顽力和剩磁仍然无法得到显著的提升的缺陷。而提供了钕铁硼磁体材料、原料组合物及制备方法和。本发明中的钕铁硼磁体材料同时提升镨和铜的含量,可克服现有技术中单独提升高镨或单独提升高铜仍然无法使得矫顽力有显著提升的缺陷,得到的钕铁硼磁体材料的剩磁和矫顽力均较高。

[0004] 目前,现有技术中通常认为在钕铁硼磁体材料中添加少量的铜可以增加润湿性。但是发明人通过大量的实验发现,将特定含量的镨和特定含量的铜配伍之后,出现了 $\text{RECu}_2$ 、 $\text{RECu}$ 和 $\text{RE}_6\text{Fe}_{13}\text{Cu}$ 等非磁性相,其中的RE指的是钕元素和镨元素,这些非磁性相的出现,有效的隔绝了晶粒间的磁耦合作用,同时还能提高晶界的清晰程度,优化了晶界相,使得钕铁硼磁体的性能得到进一步的提升。

[0005] 本发明是通过如下技术方案解决上述技术问题的。

[0006] 本发明还提供了一种钕铁硼磁体材料的原料组合物,以质量百分比计,其包括如下含量的组分:

[0007]  $\text{R}'$ :29.5~32%,所述 $\text{R}'$ 为稀土元素,所述 $\text{R}'$ 包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.15%;

[0008] Cu: $\geq$ 0.35%;

[0009] B:0.9~1.2%;

[0010] Fe:64~69.2%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0011] 本发明中,所述Pr的含量较佳地为17.15~26%,例如17.15%、18.15%、19.15%、20.15%、20.85%、21.15%、22.15%、23.15%、24.15%、25.15%或26%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0012] 本发明中,所述Nd的含量较佳地在15%以下,更佳地为4~13%,例如4%、5.85%、6.85%、7.85%、8.85%、9.85%、10.65%、10.85%、11.35%、12.35%或12.85%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。



[0013] 本发明中,所述R'的含量例如为29.5%、30%、30.5%、31%、31.5%、或32%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0014] 本发明中,所述的R' 较佳地还包括除Pr和Nd以外的其他稀土元素,例如Y。

[0015] 本发明中,所述R' 较佳地还包括RH,所述RH为重稀土元素,所述RH的种类较佳地包括Dy、Tb和Ho中的一种或多种,更佳地为Dy和/或Tb。

[0016] 其中,所述RH和所述R' 的质量比较佳地小于0.253,较佳地为0~0.07,例如0、1/32、2/32、2/31、1.5/32、2/32或1.5/31。

[0017] 其中,所述RH的含量较佳地为1~2.5%,例如1%、1.5%或2%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0018] 当所述RH中含有Tb时,所述Tb的含量较佳地为0.5~2%,例如0.7%、0.8%、0.9%、1%、1.5%、1.8%、1.9%或2%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0019] 当所述RH中含有Dy时,所述Dy的含量较佳地在1%以下,更佳地在0.3%以下,例如0.1%、0.2%或0.3%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0020] 当所述的RH中含有Ho时,所述Ho的含量可为本领域常规的含量,例如0.8~2%,较佳地为1%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0021] 本发明中,所述Cu的含量较佳地为0.35~1.3%,例如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%或1.2%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0022] 本发明中,所述B的含量较佳地为0.95~1.2%,例如可为0.985%、1%、1.1%或1.2%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0023] 本发明中,所述Fe的含量较佳地为64.8~69.2%,例如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%或69.165%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0024] 本发明中,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物中较佳地还包括Al。

[0025] 其中,所述Al的含量较佳地在3%以下,更佳地为0.5%以下,例如0.02%、0.03%、0.1%、0.2%、0.25%、0.3%、0.4%、0.45%、0.46%或0.48%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0026] 本发明中,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物中较佳地还包括Ga。

[0027] 其中,所述Ga的含量较佳地在1%以下,更佳地为0.05~0.6%,例如0.1%、0.15%、0.18%、0.2%、0.24%、0.25%、0.3%、0.4%或0.5%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0028] 本发明中,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物中较佳地还包括Zr。

[0029] 其中,所述Zr的含量较佳地在0.3%以下,例如0.1%、0.2%、0.22%、0.25%、

0.26%、0.27%、0.28%、0.29%或0.3%，更佳地为0.25~0.3%，百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0030] 本发明中，所述钕铁硼磁体材料的原料组合物中更佳地还包括Co。

[0031] 其中，所述Co的含量更佳地为0.2~1.5%，例如0.2%或1%，百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0032] 本发明中，所述的钕铁硼磁体材料的原料组合物还可包括本领域常见的其他元素，例如Zn、Ag、In、Sn、V、Cr、Mo、Ta、Hf和W中的一种或多种。

[0033] 其中，所述Zn的含量可为本领域常规的含量，更佳地在0.1%以下，更佳地为0.04~0.08%，例如0.04%、0.05%或0.08%，百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0034] 其中，所述Mo的含量可为本领域常规的含量，更佳地在0.1%以下，更佳地为0.01~0.08%，例如0.04%、0.05%或0.08%，百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0035] 本发明中，以质量百分比计，所述钕铁硼磁体材料的原料组合物更佳地包括如下含量的组分：R'：29.5~32%，所述R'为稀土元素，所述R'包括Pr和Nd；其中，所述Pr $\geq$ 17.15%；Cu： $\geq$ 0.35%；Al： $\leq$ 0.5%；B：0.9~1.2%；Fe：64~69.2%；更佳地，所述Pr的含量为17.15~26%；更佳地，所述Cu的含量为0.35~1.2%；更佳地，所述R'还包括RH，所述RH为重稀土元素，所述重稀土元素的含量更佳地为1~2.5%，百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0036] 本发明中，以质量百分比计，所述钕铁硼磁体材料的原料组合物更佳地包括如下含量的组分：R'：29.5~32%，所述R'为稀土元素，所述R'包括Pr和Nd；其中，所述Pr $\geq$ 17.15%；Cu： $\geq$ 0.35%；Zr：0.25~0.3%；B：0.9~1.2%；Fe：64~68%；更佳地，所述Pr的含量为17.15~26%；更佳地，所述Cu的含量为0.35~1.2%；更佳地，所述R'还包括RH，所述RH为重稀土元素，所述重稀土元素的含量更佳地为1~2.5%，百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0037] 本发明中，以质量百分比计，所述钕铁硼磁体材料的原料组合物更佳地包括如下含量的组分：R'：29.5~32%，所述R'为稀土元素，所述R'包括Pr和Nd；其中，所述Pr $\geq$ 17.15%；Cu： $\geq$ 0.35%；Al： $\leq$ 0.5%；Zr：0.25~0.3%；B：0.9~1.2%；Fe：64~69.2%；更佳地，所述Pr的含量为17.15~26%；更佳地，所述Cu的含量为0.35~1.2%；更佳地，所述R'还包括RH，所述RH为重稀土元素，所述重稀土元素的含量更佳地为1~2.5%；所述RH的种类更佳地为Dy和/或Tb，其中，所述Tb的含量更佳地为0.5~2%，所述Dy的含量更佳地在1%以下；百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0038] 本发明中，以质量百分比计，所述钕铁硼磁体材料的原料组合物更佳地包括如下含量的组分：R'：29.5~32%，所述R'为稀土元素，所述R'包括Pr和Nd；其中，所述Pr $\geq$ 17.15%；Cu： $\geq$ 0.35%；Ga： $\leq$ 0.42%；B：0.9~1.2%；Fe：64~69.2%；更佳地，所述Pr的含量为17.15~26%；更佳地，所述Cu的含量为0.35~1.3%；更佳地，所述R'还包括RH，所述RH为重稀土元素，所述重稀土元素的含量更佳地为1~2.5%，百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0039] 本发明中，以质量百分比计，所述钕铁硼磁体材料的原料组合物更佳地包括如下

含量的组分:R':29.5~32%,所述R'为稀土元素,所述R'包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.15%;Cu: $\geq$ 0.35%;Al: $\leq$ 0.5%;Ga: $\leq$ 0.42%;B:0.9~1.2%;Fe:64~69.2%;更佳地,所述Pr的含量为17.15~26%;更佳地,所述Cu的含量为0.35~1.3%;更佳地,所述R'还包括RH,所述RH为重稀土元素,所述重稀土元素的含量较佳地为1~2.5%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0040] 本发明中,以质量百分比计,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物较佳地包括如下含量的组分:R':29.5~32%,所述R'为稀土元素,所述R'包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.15%;Cu: $\geq$ 0.35%;Ga: $\leq$ 0.42%;Zr:0.25~0.3%;B:0.9~1.2%;Fe:64~69.2%;更佳地,所述Pr的含量为17.15~26%;更佳地,所述Cu的含量为0.35~1.3%;更佳地,所述R'还包括RH,所述RH为重稀土元素,所述重稀土元素的含量较佳地为1~2.5%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0041] 本发明中,以质量百分比计,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物较佳地包括如下含量的组分:R':29.5~32%,所述R'为稀土元素,所述R'包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.15%;Cu: $\geq$ 0.35%;Al: $\leq$ 0.5%;Ga: $\leq$ 0.42%;Zr:0.25~0.3%;B:0.9~1.2%;Fe:64~69.2%;更佳地,所述Pr的含量为17.15~26%;更佳地,所述Cu的含量为0.35~1.2%;更佳地,所述R'还包括RH,所述RH为重稀土元素,所述重稀土元素的含量较佳地为1~2.5%;所述RH的种类较佳地为Dy和/或Tb,其中,所述Tb的含量较佳地为0.5~2%,所述Dy的含量较佳地在1%以下;百分比是指占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0042] 本发明中,所述百分比为各组分占所述钕铁硼磁体材料的原料组合物总质量的质量百分比。

[0043] 本发明还提供了一种钕铁硼磁体材料的制备方法,其采用上述的钕铁硼磁体材料的原料组合物制得。

[0044] 本发明中,所述的制备方法较佳地包括以下步骤:将上述的钕铁硼磁体材料的原料组合物的熔融液经熔铸、氢破、成形、烧结和时效处理,即可。

[0045] 本发明中,所述钕铁硼磁体材料的原料组合物的熔融液可通过本领域常规的方法制得,例如:在高频真空感应熔炼炉中熔炼,即可。所述熔炼炉的真空度可为 $5 \times 10^{-2}$ Pa。所述熔炼的温度可为1500℃以下。

[0046] 本发明中,所述的铸造的操作和条件可为本领域常规的操作和条件,例如,在Ar气氛中(例如 $5.5 \times 10^4$ Pa的Ar气气氛下),以 $10^2$ ℃/秒- $10^4$ ℃/秒的速度冷却,即可。

[0047] 本发明中,所述的氢破的操作和条件可为本领域常规的操作和条件。例如,经吸氢、脱氢、冷却处理,即可。

[0048] 其中,所述吸氢可在氢气压力0.15MPa的条件下进行。

[0049] 其中,所述脱氢可在边抽真空边升温的条件下进行。

[0050] 本发明中,所述氢破后还可按本领域常规手段进行粉碎。所述粉碎的工艺可为本领域常规的粉碎工艺,例如气流磨粉碎。所述气流磨粉碎较佳地在在氧化气体含量150ppm以下的氮气气氛下进行。所述氧化气体指的是氧气或水分含量。所述气流磨粉碎的粉碎室压力较佳地为0.38MPa;所述气流磨粉碎的时间较佳地为3h。

[0051] 其中,所述粉碎后,可按本领域常规手段在粉体中添加润滑剂,例如硬脂酸锌。所述润滑剂的添加量可为混合后粉末重量的0.10~0.15%,例如0.12%。

[0052] 本发明中,所述成形的操作和条件可为本领域常规的操作和条件,例如磁场成形法或热压热变形法。

[0053] 本发明中,所述的烧结的操作和条件可为本领域常规的操作和条件。例如,在真空条件下(例如在 $5 \times 10^{-3}$ Pa的真空下),经预热、烧结、冷却,即可。

[0054] 其中,所述预热的温度通常为300~600℃。所述预热的时间通常为1~2h。较佳地所述预热为在300℃和600℃的温度下各预热1h。

[0055] 其中,所述烧结的温度较佳地为1030~1080℃,例如1040℃。

[0056] 其中,所述烧结的时间可为本领域常规,例如2h。

[0057] 其中,所述冷却前可通入Ar气体使气压达到0.1MPa。

[0058] 本发明中,所述烧结之后、所述时效处理之前,较佳地还进行晶界扩散处理。

[0059] 其中,所述的晶界扩散的操作和条件可为本领域常规的操作和条件。例如,在所述的钕铁硼磁体材料的表面蒸镀、涂覆或溅射附着含有Tb的物质和/或含有Dy的物质,经扩散热处理,即可。

[0060] 所述含有Tb的物质可为Tb金属、含有Tb的化合物,例如含有Tb的氟化物或合金。

[0061] 所述含有Dy的物质可为Dy金属、含有Dy的化合物,例如含有Dy的氟化物或合金。

[0062] 所述扩散热处理的温度可为800-900℃,例如850℃。

[0063] 所述扩散热处理的时间可为12-48h,例如24h。

[0064] 本发明中,所述时效处理中,二级时效处理的温度较佳地为520~650℃,例如550℃。

[0065] 本发明中,所述二级时效处理中,升温至550~650℃的升温速率较佳地为3~5℃/min。所述升温的起点可为室温。

[0066] 本发明中,所述室温是指25℃±5℃。

[0067] 本发明还提供了一种钕铁硼磁体材料,其采用上述的制备方法制得。

[0068] 本发明提供了一种钕铁硼磁体材料,以质量百分比计,其包括如下含量的组分:

[0069] R':29.4~32.6%,所述R'包括Pr和Nd;其中,所述Pr≥17.14%;

[0070] Cu:≥0.34%;

[0071] B:0.9~1.2%;

[0072] Fe:64~69.2%;

[0073] 百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0074] 本发明中,所述Pr的含量较佳地为17.14~26.1%,例如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%或26.01%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0075] 本发明中,所述Nd的含量较佳地在15%以下,更佳地为4~13%,例如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%或12.849%，百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0076] 本发明中，所述Nd与所述R'的总质量的比值较佳地小于0.5，更佳地为0.1~0.45，例如，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或0.42。

[0077] 本发明中，所述R'的含量较佳地为29.49~32.53%，例如为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%或32.521%，百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0078] 本发明中，所述的R'较佳地还包括除Pr和Nd以外的其他稀土元素，例如Y。

[0079] 本发明中，R'较佳地还包括RH，所述RH为重稀土元素，所述RH的种类较佳地包括Dy、Tb和Ho中的一种或多种，更佳地为Dy和/或Tb。

[0080] 其中，所述RH和所述R'的质量比较佳地 $<0.253$ ，较佳地为0~0.07，例如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或2/31.012。

[0081] 其中，所述RH的含量较佳地为1~2.5%，例如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%或2.02%，百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0082] 当所述RH中含有Tb时，所述Tb的含量较佳地为0.5~2wt%，例如，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%或2.01%，百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0083] 当所述RH中含有Dy时，所述Dy的含量较佳地在0.5wt%以下，例如0.1%、0.2%、0.21%、0.3%、0.31%或0.312%，百分比是指在所述钕铁硼磁体材料中的质量百分比。

[0084] 当所述的RH中含有Ho时，所述Ho的含量可为本领域常规的含量，通常为0.8~2%，例如0.98%、0.99%或1%，百分比是指在所述钕铁硼磁体材料中的质量百分比。

[0085] 本发明中，所述Cu的含量较佳地为0.34~1.3%，例如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%或1.21%，百分比是指在所述钕铁硼磁体材料中的质量百分比。

[0086] 本发明中，所述B的含量较佳地为0.95~1.2%，例如0.983%、0.984%、0.985%、0.988%、0.989%、1.02%或1.19%，百分比是指在所述钕铁硼磁体材料中的质量百分比。

[0087] 本发明中，所述Fe的含量较佳地为64.8~69.2%，例如为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%或69.181%，百分比是指在所述钕铁硼磁体材料中的质量百分比。

[0088] 本发明中，所述的钕铁硼磁体材料中较佳地还包括Al。

[0089] 本发明中，所述Al的含量较佳地在0.5%以下，更佳地为0.03~0.5wt%，例如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%或0.48%，百分比是指在所述钕铁硼磁体材料中的质量百分比。

[0090] 本发明中，所述的钕铁硼磁体材料中较佳地还包括Zr。

[0091] 本发明中，所述Zr的含量较佳地为0.05~0.31wt%，例如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%，更佳地为0.25~0.31，百分比为各组分质量占钕铁硼磁体材料总质量的百分比。

[0092] 本发明中，所述的钕铁硼磁体材料中较佳地还包括Ga。

[0093] 其中，所述Ga的含量较佳地在0.51%以下，较佳地为0.1~0.51%，例如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%或0.501%，百分比为各组分质量占钕铁硼磁体材料总质量的百分比。

[0094] 本发明中，所述的钕铁硼磁体材料中较佳地还包括Co。

[0095] 其中，所述Co的含量较佳地为0.2~1.5%，例如0.2%或1%，百分比为各组分质量占钕铁硼磁体材料总质量的百分比。

[0096] 本发明中，所述的钕铁硼磁体材料中通常还包括O。

[0097] 其中，所述O的含量较佳地在0.13%以下，百分比为各组分质量占钕铁硼磁体材料总质量的百分比。

[0098] 本发明中，所述的钕铁硼磁体材料还可包括本领域常见的其他元素，例如Zn、Ag、In、Sn、V、Cr、Nb、Ti、Mo、Ta、Hf和W中的一种或多种。

[0099] 其中，所述Zn的含量可为本领域常规的含量，较佳地为0.02~0.08，例如0.03%、0.04%或0.07%，百分比为各组分质量占钕铁硼磁体材料总质量的百分比。

[0100] 其中，所述Mo的含量可为本领域常规的含量，较佳地为0.01~0.08%，例如0.03%、0.06%或0.07%，百分比为各组分质量占钕铁硼磁体材料总质量的百分比。

[0101] 本发明中，以质量百分比计，所述的钕铁硼磁体材料较佳地包括如下含量的组分： $R'$ ：29.4~32.6%，所述 $R'$ 为稀土元素，所述 $R'$ 包括Pr和Nd；其中，所述Pr $\geq$ 17.14%；Cu： $\geq$ 0.34%；Al： $\leq$ 0.5%；B：0.9~1.2%；Fe：64~69.2%；更佳地，所述Pr的含量为17.14~26.1%；更佳地，所述Cu的含量为0.35~1.2%；更佳地，所述 $R'$ 还包括RH，所述RH为重稀土元素，所述重稀土元素的含量较佳地为1~2.5%，百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0102] 本发明中，以质量百分比计，所述的钕铁硼磁体材料较佳地包括如下含量的组分：

R' :29.4~32.6%,所述R'为稀土元素,所述R'包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.15%;Cu: $\geq$ 0.34%;Zr:0.25~0.3%;B:0.9~1.2%;Fe:64~69.2%;更佳地,所述Pr的含量为17.14~26.1%;更佳地,所述Cu的含量为0.35~1.2%;更佳地,所述R'还包括RH,所述RH为重稀土元素,所述重稀土元素的含量较佳地为1~2.5%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0103] 本发明中,以质量百分比计,所述的钕铁硼磁体材料较佳地包括如下含量的组分:R' :29.4~32.6%,所述R'为稀土元素,所述R'包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.14%;Cu: $\geq$ 0.34%;Al: $\leq$ 0.5%;Zr:0.25~0.3%;B:0.9~1.2%;Fe:64~69.2%;更佳地,所述Pr的含量为17.14~26.1%;更佳地,所述Cu的含量为0.35~1.2%;更佳地,所述R'还包括RH,所述RH为重稀土元素,所述重稀土元素的含量较佳地为1~2.5%;所述RH的种类较佳地为Dy和/或Tb,其中,所述Tb的含量较佳地为0.5~2%,所述Dy的含量较佳地在1%以下;百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0104] 本发明中,以质量百分比计,所述钕铁硼磁体材料较佳地包括如下含量的组分:R' :29.4~32.6%,所述R'为稀土元素,所述R'包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.14%;Cu: $\geq$ 0.34%;Ga: $\leq$ 0.42%;B:0.9~1.2%;Fe:64~69.2%;更佳地,所述Pr的含量为17.14~26.1%;更佳地,所述Cu的含量为0.35~1.3%;更佳地,所述R'还包括RH,所述RH为重稀土元素,所述重稀土元素的含量较佳地为1~2.5%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0105] 本发明中,以质量百分比计,所述钕铁硼磁体材料较佳地包括如下含量的组分:R' :29.4~32.6%,所述R'为稀土元素,所述R'包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.14%;Cu: $\geq$ 0.34%;Al: $\leq$ 0.5%;Ga: $\leq$ 0.42%;B:0.9~1.2%;Fe:64~69.2%;更佳地,所述Pr的含量为17.14~26.1%;更佳地,所述Cu的含量为0.35~1.3%;更佳地,所述R'还包括RH,所述RH为重稀土元素,所述重稀土元素的含量较佳地为1~2.5%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0106] 本发明中,以质量百分比计,所述钕铁硼磁体材料较佳地包括如下含量的组分:R' :29.4~32.6%,所述R'为稀土元素,所述R'包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.14%;Cu: $\geq$ 0.34%;Ga: $\leq$ 0.42%;Zr:0.25~0.3%;B:0.9~1.2%;Fe:64~69.2%;更佳地,所述Pr的含量为17.14~26.1%;更佳地,所述Cu的含量为0.35~1.3%;更佳地,所述R'还包括RH,所述RH为重稀土元素,所述重稀土元素的含量较佳地为1~2.5%,百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0107] 本发明中,以质量百分比计,所述钕铁硼磁体材料较佳地包括如下含量的组分:R' :29.4~32.6%,所述R'为稀土元素,所述R'包括Pr和Nd;其中,所述Pr $\geq$ 17.14%;Cu: $\geq$ 0.34%;Al: $\leq$ 0.5%;Ga: $\leq$ 0.42%;Zr:0.25~0.3%;B:0.9~1.2%;Fe:64~69.2%;更佳地,所述Pr的含量为17.14~26.1%;更佳地,所述Cu的含量为0.35~1.3%;更佳地,所述R'还包括RH,所述RH为重稀土元素,所述重稀土元素的含量较佳地为1~2.5%;所述RH的种类较佳地为Dy和/或Tb,其中,所述Tb的含量较佳地为0.5~2%,所述Dy的含量较佳地在1%以下;百分比是指占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0108] 本发明中,百分比为各组分占所述钕铁硼磁体材料总质量的质量百分比。

[0109] 本发明还提供了一种钕铁硼磁体材料,在所述钕铁硼磁体材料的晶间三角区中,

Pr和Cu的质量总和占所述晶间三角区的各元素总质量的比值为Q1;在所述钕铁硼磁体材料的晶界处,Pr和Cu的质量总和占所述晶界处各元素总质量的比值为Q2;其中, $Q1 < Q2$ ,且 $Q2 \geq 0.1$ ;

[0110] 较佳地,所述钕铁硼磁体材料的组分如上述所述的钕铁硼磁体材料。

[0111] 本发明中,所述的晶界处是指两个晶粒之间的界限,所述的晶间三角区是指三个及三个以上的晶粒所形成的空隙。

[0112] 本发明还提供了一种上述钕铁硼磁体材料在电机中作为电子元件的应用。

[0113] 本发明中,所述的电机较佳地为新能源汽车驱动电机、空调压缩机或工业伺服电机、风力发电机、节能电梯或扬声器组件。

[0114] 在符合本领域常识的基础上,上述各优选条件,可任意组合,即得本发明各较佳实例。

[0115] 本发明所用试剂和原料均市售可得。

[0116] 本发明的积极进步效果在于:本发明中的钕铁硼磁体材料同时提升镨和铜的含量,使得晶界相更加清晰,得到的钕铁硼磁体材料的剩磁和矫顽力均较高。

### 附图说明

[0117] 图1为实施例10中制得的钕铁硼磁体材料由FE-EPMA面扫描形成的Pr,Nd,Cu,Ti,Co和O元素的分布图。

[0118] 图2为实施例10中的钕铁硼磁体材料的晶界处的元素分布图,图中1为晶界处中定量分析所取的点。

[0119] 图3为实施10中的钕铁硼磁体材料的晶间三角区的元素分布图,图中1为晶间三角区中定量分析所取的点。

### 具体实施方式

[0120] 下面通过实施例的方式进一步说明本发明,但并不因此将本发明限制在所述的实施例范围之中。下列实施例中未注明具体条件的实验方法,按照常规方法和条件,或按照商品说明书选择。

[0121] 各实施例和对比例中的钕铁硼磁体材料的原料组合物如下表1所示。

[0122] 表1



[0123]

编号	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

[0124]

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
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

[0125] 实施例1

[0126] 钕铁硼磁体材料的制备方法如下：

[0127] (1) 熔铸过程：按表1所示配方，取配制好的原料放入氧化铝制的坩埚中，在高频真空感应熔炼炉中在 $5 \times 10^{-2}$ Pa的真空中以1500℃以下的温度进行真空熔炼。在真空熔炼后的熔炼炉中通入Ar气体使气压达到5.5万Pa后，进行铸造，以 $10^2$ ℃/秒~ $10^4$ ℃/秒的冷却速度获得急冷合金。

[0128] (2) 氢破粉碎过程：在室温下将放置急冷合金的熔炼炉抽真空，而后向氢破用炉内通入纯度为99.9%的氢气，维持氢气压力0.15MPa，充分吸氢后，边抽真空边升温，充分脱氢，之后进行冷却，取出氢破粉碎后的粉末。

[0129] (3) 微粉碎工序：在氧化气体含量150ppm以下的氮气气氛下，在粉碎室压力为0.38MPa的条件下对氢破粉碎后的粉末进行3小时的气流磨粉碎，得到细粉。氧化气体指的是氧或水分。

[0130] (4) 在气流磨粉碎后的粉末中添加硬脂酸锌，硬脂酸锌的添加量为混合后粉末重量的0.12%，再用V型混料机充分混合。

[0131] (5) 磁场成形过程：使用直角取向型的磁场成型机，在1.6T的取向磁场中，在 $0.35\text{ton}/\text{cm}^2$ 的成型压力下，将上述添加了硬脂酸锌的粉末一次形成边长为25mm的立方体，一次成形后在0.2T的磁场中退磁。为使一次成形后的成形体不接触到空气，将其进行密封，再使用二次成形机（等静压成形机）在 $1.3\text{ton}/\text{cm}^2$ 的压力下进行二次成形。

[0132] (6) 烧结过程:将各成形体搬至烧结炉进行烧结,烧结在 $5 \times 10^{-3}$ Pa的真空下,在300℃和600℃的温度下各保持1小时后,以1040℃的温度烧结2小时,之后通入Ar气体使气压达到0.1MPa后,冷却至室温。

[0133] (7) 时效处理过程:烧结体在高纯度Ar气中,以550℃温度进行3小时热处理后,冷却至室温后取出。

[0134] 实施例2~42以及对比例45~48的制备工艺同实施例1。

[0135] 实施例43和44采用Tb晶界扩散法的制备工艺

[0136] 将表1中编号12和16的原料组合物,按照实施例1的烧结体的制备首先制备得到烧结体,接着进行晶界扩散,再进行时效处理。其中时效处理的工艺同实施例1,晶界扩散的处理过程如下:

[0137] 将烧结体加工成直径20mm、片料厚度小于7mm的磁铁,厚度方向为磁场取向方向,表面洁净化后,分别使用Tb氟化物配制成的原料,全面喷雾涂覆在磁铁上,将涂覆后的磁铁干燥,在高纯度Ar气体气氛中,在磁铁表面溅射附着Tb元素的金属,以850℃的温度扩散热处理24小时。冷却至室温。

[0138] 效果实施例1

[0139] 取各实施例和对比例制得的钕铁硼磁体材料,测定其磁性能、成分,FE-EPMA观察其磁体的晶相结构。

[0140] (1) 磁性能评价:烧结磁铁使用中国计量院的NIM-10000H型BH大块稀土永磁无损测量系统进行磁性能检测。下表2所示为磁性能检测结果。

[0141] 表2

[0142]

编号	Br (kGs)	Hcj (kOe)	80℃ Hcj 温度系数	150℃ Hcj 温度系数	180℃ Hcj 温度系数
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	

[0143]

27	13.29	24.69	/	0.531	/
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	/	/

[0144] (2) 成分测定:各成分使用高频电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-OES)进行测定。下表3所示为成分检测结果。

[0145] 表3

[0146]

编号	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
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

[0147]

[0148]	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

[0149] (3) FE-EPMA检测:取实施例10对烧结磁铁的垂直取向面进行抛光,采用场发射电子探针显微分析仪(FE-EPMA)(日本电子株式会社(JEOL),8530F)检测。首先通过FE-EPMA面扫描确定磁铁中Pr、Cu、B、Fe、Co、O等元素的分布,然后通过FE-EPMA单点定量分析确定关键相中Pr、Cu、O等元素的含量,测试条件为加速电压15kv,探针束流50nA。

[0150] 本发明的配方所制得的磁钢通过采用场发射电子探针显微分析仪(FE-EPMA),主要分析Pr,Nd,Cu,Ti,Co和O元素,如图1所示,并对晶界处及晶间三角区的元素进行定量分析。其中:晶界处指两个晶粒之间的界限,晶间三角区指三个及三个以上的晶粒所形成的空隙。

[0151] 如图2所示,为实施例10的钕铁硼磁体材料的晶界处的元素分布,Pr,Nd元素主要分布在主相中,晶界处也出现了部分的稀土,元素Cu和元素Zr分布于晶界处,取图2中1标记的对晶界处的元素通过定量结果如下表4所示:

[0152] 表4

[0153]	Pr (wt.%)	Nd (wt.%)	Cu (wt.%)	Zr (wt.%)	O (wt.%)	Fe (wt.%)
	65.2	12.5	28.6	0.05	0.79	余量

[0154] 以上的数据可以看出,Pr和Nd以富稀土相及氧化物的形式存在于晶界中,分别为 $\alpha$ -Pr和 $\alpha$ -Nd,Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和NdO,Cu除了在主相外晶界处占有一定的含量约为28wt.%,例如本实施例中的28.6wt.%.Zr作为高熔点元素弥散分布于整个区域,Cu的有效分布,结合Pr的共同作用,提高了晶界的润湿性,修复了晶体缺陷,提高磁体的性能。

[0155] 如图3所示,为实施例10的钕铁硼磁体材料的晶间三角区的元素分布,取图3中1标记的对晶间三角区的元素通过定量结果如下表5所示:

[0156] 表5

[0157]	Pr	Nd	Cu	Zr	O	Fe
[0158]	(wt.%)	(wt.%)	(wt.%)	(wt.%)	(wt.%)	(wt.%)
	42.2	23	31	0.02	1.3	余量

[0159] 在晶间三角区中,Pr及Nd元素分布与其中,在高Pr的配方中,很清楚的发现,在晶间三角区Pr和Nd也会富集于此,此处的氧含量比晶界略高,所形成氧化物也会增多,通过时效处理后,也使得稀土的氧化物分布于晶界处,有利于隔绝主相之间的交换耦合,最终提高磁体的磁性能。

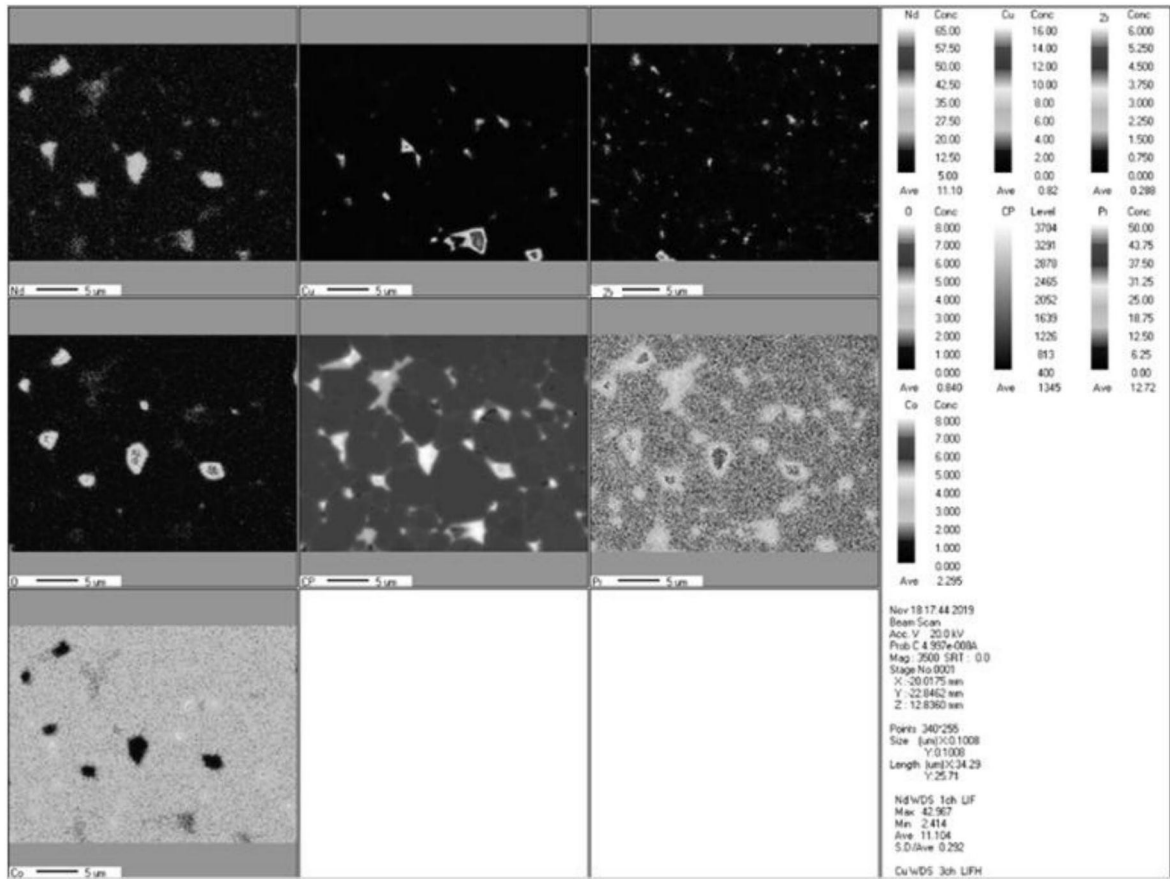


图1

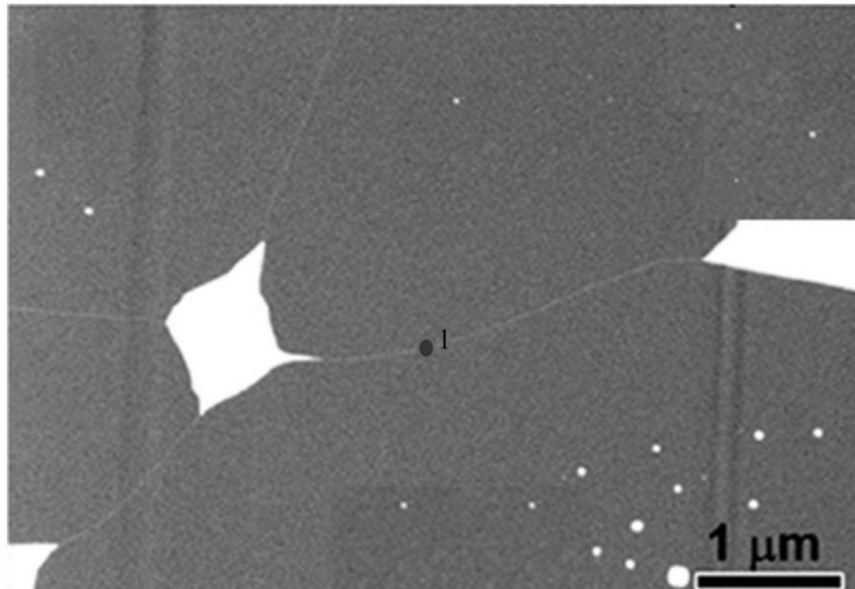


图2



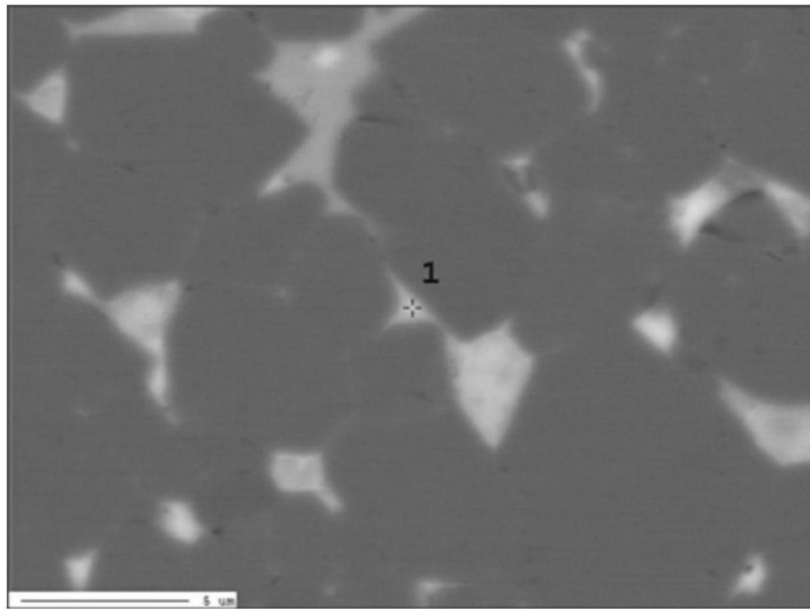


图3