

# 纳米晶稀土铁基永磁材料

Nanocrystalline Rare-earth Iron-based Permanent Magnetic Materials

项目批准号: 59831010、59771024

中国科学院物理研究所 沈保根\*、成昭华、张宏伟、张绍英

利用快淬、机械合金化等工艺,合成纳米稀土永磁材料和由硬磁相和软磁相组成的纳米复合稀土永磁材料,研究成份和工艺条件对磁性的影响,研究纳米稀土永磁材料的结构、微结构、畴结构与永磁性以及纳米复相永磁材料的磁性耦合机理和矫顽力机制。研制高磁能积各向异性纳米稀土永磁材料。

## 主要研究成果和重要进展

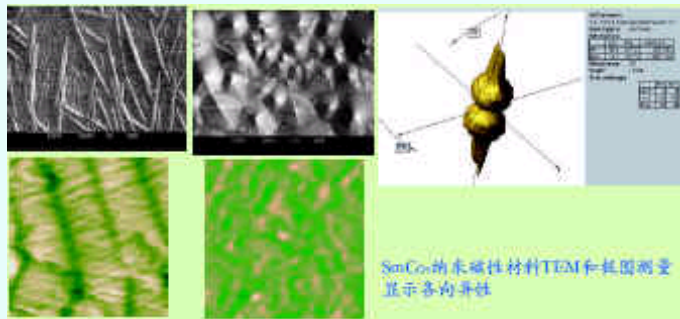
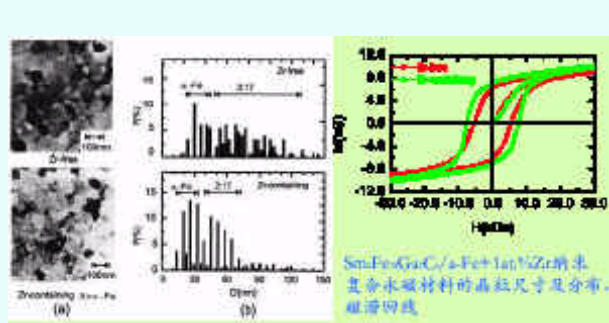
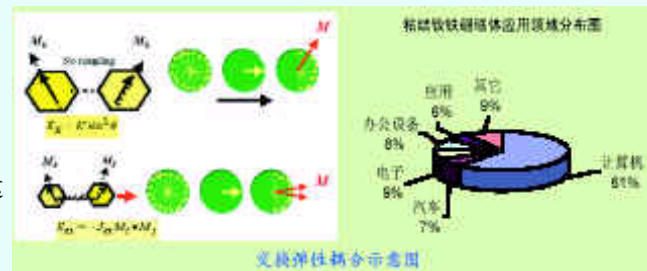
### 项目创新点

☆ 用快淬方法成功地合成了Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B/a-Fe型高性能PrFeCoGaB纳米复合永磁材料,发现Ga的添加可使晶粒明显得到细化,使两相之间的交换耦合作用增强,获得的室温最大磁能积高达22.2MG0e。

☆ 采用直流溅射并经热处理制备了各向同性的纳米结构Fe-Pt永磁合金薄膜。平均晶粒尺寸为24-32nm。得到(Fe2.0nm/Pt1.5nm)<sub>20</sub>的室温矫顽力为10.7kOe。

☆ 在快淬纳米晶Sm<sub>2</sub>Fe<sub>15-x</sub>Cu<sub>x</sub>Ga<sub>2</sub>C<sub>2</sub>中,少量Cu的替代使矫顽力明显提高,获得室温最大矫顽力为26kOe。机械合金化纳米复合永磁材料SmCo/a-Fe的矫顽力可达9.7 kOe。

☆ 用球磨方法成功制备了具有单轴各向异性的Pr(Co,Ti)<sub>7</sub>纳米晶永磁材料,Ti的加入可使PrCo<sub>7</sub>由易面变成易轴,其最高矫顽力和最大磁能积居里温度分别为7.1kOe、10.5MG0e。



☆ 首次将晶间交换耦合作用定量地引入了矫顽力的模型,得到了纳米尺度下矫顽力的模型。对纳米尺度下永磁材料的矫顽力机理给出了合理的解释。

☆ 用磁力显微镜观察了纳米晶永磁材料的畴结构,发现不论是在直接快淬还是快淬后退火样品中,磁畴尺寸均比晶粒尺寸大,这主要是因为纳米尺度的晶粒间存在强的交换作用。

☆ 用快淬方法得到了综合性能优良的Sm<sub>2</sub>Fe<sub>14.5</sub>Cu<sub>0.5</sub>Ga<sub>2</sub>C<sub>2</sub>/a-Fe和Sm<sub>2</sub>Fe<sub>14.25</sub>Zr<sub>0.25</sub>Cu<sub>0.5</sub>Ga<sub>2</sub>C<sub>2</sub>/a-Fe磁体,研究了这些纳米复合磁体的反磁化行为,发现少量Zr的替代能细化晶粒并改善弹性交换耦合作用。

☆ 首次成功合成出各向异性的SmCo<sub>5</sub>快淬带,不需热处理工艺,相对剩磁比Mr/Ms高达0.9,室温(BH)<sub>max</sub>为18 MG0e。

### 代表性论文

1. Z.H. Cheng, H. Kronmuller, B.G. Shen, Microstructure refinement and improvements of magnetic properties of two-phase exchange-coupled Sm<sub>2</sub>Fe<sub>15</sub>Ga<sub>2</sub>C<sub>x</sub>/a-Fe nanocomposites by additional Zr, Appl. Phys. Lett., 73 (1998) 1586.

2. B.G. Shen, H.W. Zhang, S.Y. Zhang, Z.H. Cheng, Permanent magnetic properties of Sm-Fe-M-C (M = Ga, Si, and Cu) compounds with the 2:17-type structure; Advanced Materials, 11(1999) 1110.

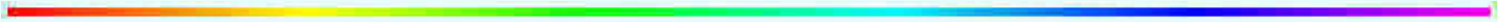
3. H.W. Zhang, S.Y. Zhang, B.G. Shen, Magnetic viscosity and coercivity analysis in nanocrystalline  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{15}\text{Si}_2\text{C}$  ribbons, Phys. Rev. B, 62(2000) 8642.

#### ◇ 专利情况

阎阿儒、沈保根，用快淬的方法制备各向异性SmCo系列永磁材料，申请号：99107266.9，申请日：1999年5月13日。

#### ● 应用前景、成果转化

纳米晶永磁材料是一种新型的稀土永磁材料，其中"交换弹性耦合"型的纳米晶复合稀土永磁材料的理论磁能积可高于任何一种单相永磁材料，这类材料具有高剩磁、高磁能积和相对高的矫顽力以及低的稀土含量和较好的化学稳定性，是一种有广泛应用前景的廉价稀土永磁材料。



工程与材料科学部、国际合作局 主办  
数理科学部、化学科学部 协办