

磁性纳米多层膜、颗粒膜和纳米线阵列的研究

Study of magnetic nanostructured multilayer thin films, granular films and nanowire array

项目批准号: 59671017, 59971023, 1957402

兰州大学 葛世慧 李成贤

研究了真空溅射及电化学方法制备尺寸在纳米量级的磁性多层膜、颗粒膜和纳米线阵列的方法。用穆斯堡尔效应(ME)作为微观探针, 结合其它方法研究了材料的微结构及对电磁性能特别是巨磁电阻(GMR)效应的影响, 为获得优异性能的新材料提供了实验依据。

● 项目创新点

1. 在用电化学方法在多孔模板内沉积Co 纳米线阵列的过程中第一次施加外磁场使晶粒沿磁场方向定向生长, 获得了垂直于模板面的磁各向异性和大大增强的矫顽力(见图, $\Phi=400\text{nm}$), 有较大的实用价值。

2. 成功制备出一系列Co (Fe, FeCo) - Al₂O₃ (SiO₂, Cr₂O₃, MgF₂) 的纳米颗粒膜并获得了大的TMR, 其中Co - (Cr₂O₃, MgF₂) 纳米颗粒膜为我们第一次制出, 在外磁场为1.3T 时, 室温和77K 下, TMR 分别达-5%和-7%, 并第一次发现随Co 体积分数的增加, Co - Cr₂O₃ 的TMR 符号由负变正, 实验表明这是由于金属-氧化物界面的势垒宽度变化所致。TMR 的大小和符号与金属-氧化物表面的结合效应密切相关, 该效应改变了界面的电子结构, 从而改变了隧穿电子的自旋极化率。

3. 用ME 配合其它手段如XRD 和TEM 系统研究了Fe-SiO₂ 颗粒膜的微结构对TMR 和磁性的影响, 发现小的超顺磁性粒子及窄的颗粒大小分布有利于TMR, 界面非磁性相对TMR 的减小起主要作用。

4. ME 研究发现在适当的Fe 体积分数出现垂直于膜面的磁各向异性, 这是在金属-氧化物颗粒膜上第一次观察到。

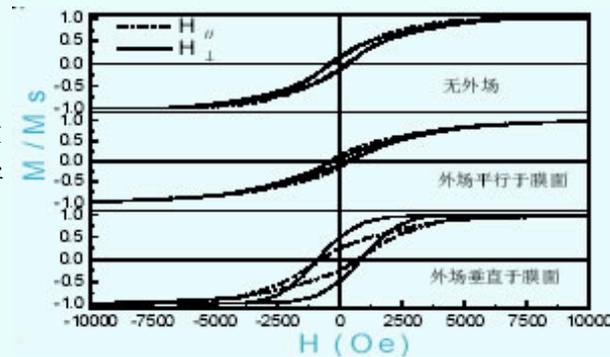
5. 系统研究了颗粒分布对GMR 和磁性的影响, 用不同方法 (ME 和TEM) 得到颗粒分布服从对数正态分布。利用此分布并考虑铁磁性颗粒和超顺磁颗粒后很好的拟合了实验的M-H 和TMR-H 曲线, 实现了理论与实验的较严格的比较, 证明颗粒表面的自旋相关散射对GMR 效应起主要作用。

6. 用真空共溅射和电化学方法及后回火制备了Co-Cu, FeCo-Cu 颗粒膜。详细研究了各种回火方式对微结构和GMR 的影响, 第一次采用在适当温度下 (略低于晶化温度) 多次短时间回火的方法得到小而均匀的颗粒, 大大提高了GMR。

7. 研究了纳米量级多层膜的工艺条件-微结构-GMR 的关系。对Fe/Mo 多层膜, 一定程度的界面粗糙度有利于GMR, 在4.2K下GMR 达-12%, 是该系统上报道的最大值; 对Co/Cu 多层膜, 晶粒取向比界面粗糙度影响更重要。(111) 取向不利于GMR, 而(200) 和(220) 特别是(220) 取向有利于GMR, GMR 在77K 下达-68%。

8. 对Co/Ta 多层膜通过控制界面层得到零电阻温度系数, 这很有应用价值。

9. 较早用ME 谱研究了Fe/Mo 多层膜的界面结构和磁性, 并计算了界面厚度。



● 代表性论文

<1> Shihui Ge, etc., J. Appl. Phys, Jan 2001

<2> Shihui Ge, etc., J. of Physics: Condensed Matter. Vol.12(2000) 5905-5916

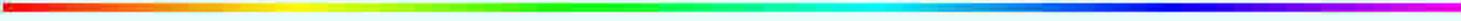
<3> Shihui Ge, etc., J. of Physics D: applied Physics, Vol.33(8),(2000)917-920

● 应用前景

① 纳米多层膜、颗粒膜的巨磁电阻效应在传感器、高密度磁记录的读出磁头及磁存储器中有很好的应用前景。

② 具有垂直膜面的磁各向异性的纳米线阵列可发展为量子磁盘。它突破了目前使用的连续介质记录密度的极限, 可望成为新一代高密度磁记录介质。

③ 电化学法制备纳米材料的方法由于成本低而可望在工业生产中发挥作用。



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