

第九届全国磁学磁性材料会议

论文集

DIGESTS OF THE NINTH NATIONAL
CONFERENCE ON MAGNETISM &
MAGNETIC MATERIAL

河 南
HENAN

洛 阳
LUOYANG

1996. 10



序

由中国电子学会应用磁学分会、中国物理学会、中国金属学会、中国稀土学会、中国仪器仪表学会、仪器仪表材料学会、中国计量测试学会联合举办的第九届全国磁学磁性材料会议于1996年10月22日至26日在河南省洛阳市友谊宾馆召开。本论文集收录了会议发表的论文311篇,包括了磁学基础理论、永磁铁氧体、软磁铁氧体、稀土、金属、快淬永磁、非晶与金属软磁、磁记录、微波磁学、磁应用技术,磁测量、计量、标准等,内容广泛,许多论文工作深入,有所创新。

由于党的开放政策与世界工业格局调整的机遇,近年来我国磁性材料工业得到迅猛发展,几种主要磁性材料的产量已在世界领先,1995年我国永磁铁氧体产量达到85000吨,居世界第一位,软磁铁氧体产量达到30000吨,钕铁硼永磁达到1800吨,铝镍钴永磁达到2000吨,均占世界第二位,这些产品不仅满足国内各方面的需要,向国外出口量也越来越大,但是我国磁性材料产品的性能和质量还不能完全满足要求,同国际先进水平相比还有较大差距。因此通过这次学术交流,更希望有关领导、广大科研人员和工程师们今后能更加重视、更积极地从事磁学理论研究,磁性材料、器件、应用、测量等方面的基础研究与应用研究,促进我国磁学、磁性材料事业进一步发展,向国际先进水平迈进。

感谢论文的作者们。感谢电子工业部九所的领导和积极参加筹备这次会议的许多同志们,为论文集的出版和会议的召开付出了大量劳动,做出了可贵贡献。



目 录

A 组 磁学基础理论

A—01	Fe-N 系磁性材料的研究现状及展望	余忠清	章建荣等(1)
A—02	Fe ₃ N 在热处理后的相变及磁性的变化	余忠清	章建荣等(3)
A—03	掺 Ni 对 Co/Cu 多层膜磁性的影响	姜恩永	吴 萍(5)
A—04	对向靶溅射(Fe, Ti)-N 纳米薄膜的结构和磁性	姜恩永	王合英(7)
A—05	熔甩 Cu-Co 薄带的结构、磁性及巨磁阻	张西祥	于海荣等(9)
A—06	宏观磁性量子隧道效应	张西祥	白海力等(11)
A—07	高温超导薄膜中磁通涡旋的量子隧道效应 TiBaCaCuO (2223 相)磁弛豫实验研究	张西祥	白海力等(13)
A—08	Co/C 软 x 射线多层膜中的互扩散	姜恩永	白海力等(15)
A—09	退火 Co/C 软 x 射线多层膜中碳的 TEM 和 Raman 散射研究	姜恩永	白海力等(17)
A—10	类钙钛石 La-Sr-Mn-O 中的巨磁电阻及巨压电阻效应 ..	张 宁	丁维平等(19)
A—11	ErFe _{17-x} Mn _x C 的结构和磁性	王卫芳	郝延明等(21)
A—12	HO ₂ Fe _{17-x} Cr _x (x≤3)化合物的晶体结构与磁性的研究 ..	郝延明	王卫芳等(23)
A—13	R ₃ Fe _{29-x} Ti _x 新相化合物的磁性分析	杨伏明	韩秀峰等(25)
A—14	R ₃ (Fe _{1-x} V _x) ₂₉ 新相化合物的结构和磁性质	韩秀峰	杨伏明等(27)
A—15	R ₃ (Fe _{29-x} Cr _x)新相化合物的结构和磁性质	韩秀峰	杨伏明等(29)
A—16	S 对 Nd-Fe 基化合物的相及磁性的影响	张宏伟	金 智等(31)
A—17	Nd ₂ Fe ₁₂ P ₇ 相研究	鲜于文旭	陈宪峰等(33)
A—18	P 对 Nd ₂ Fe _{17-x} Al _x 相的影响研究	鲜于文旭	李宝河等(35)
A—19	Si 替代对 R ₂ Fe ₁₇ 化合物结构和磁性的影响	梁 兵	沈保根等(37)
A—20	HO ₂ Fe _{17-x} Si _x (x=0~3)化合物的穆斯堡尔谱研究	官华杨	沈保根等(39)
A—21	Sm ₂ CO ₁₇ 化合物中各向异性 Sm-Co 交换作用	赵铁松	闫 羽等(41)
A—22	Al, Ga 元素替换 Fe 对 HoFe ₂ 化合物磁性的影响	斯坎德尔·乌斯曼	陈海英等(43)
A—23	Dy(Fe _{0.8} Al _{0.2}) ₂ 单晶体在 1.5K 下的磁性	钟文定	刘尊孝等(45)
A—24	Tb-Dy-Fe 合金的晶体择优生长与磁致伸缩应变的关系	周寿增	蒋成保等(47)
A—25	热处理对<112>轴向取向 Tb _{0.3} Dy _{0.7} (Fe, M) _{1.95} 合金 磁致伸缩压力效应的影响	赵 青	蒋成保等(49)
A—26	有机铁磁体的居里温度公式	鲍淑清	沈觉涟等(51)
A—27	直流偏场和面内场联合作用下普通硬磁泡布洛赫线链 的消失	唐贵德	王洪信等(53)

A—28	直流偏场和面内场联合作用下第二类哑铃畴的 自发收缩	孙会元 聂向富等(55)
A—29	直流偏场和面内场联合作用下第二类哑铃畴布洛 赫线链的稳定性	王远飞 韩宝善等(57)
A—30	双酯基磁性液体的穆斯堡尔谱研究	孙 克 冯远冰(59)
A—31	对称性与键长对铁原子团磁性的影响	李 华 姜 涛等(61)
A—32	铁磁结的自旋极化磁电压效应	陈慧余 冯永嘉等(63)
A—33	掺镍钨铁氧体法拉第旋转谱的理论研究	张锡娟 徐 游等(65)
A—34	INTERNET 网络及其上的磁性材料信息资源	刘日新 张洪波等(67)
A—35	磁性材料与器件磁化特性与温度分布模拟技术的研究	易敬曾 高敏三(69)
A—36	掺氢非晶态 Fe-Cr 基合金的穆斯堡尔谱的研究	黄志高(73)

B 组 永磁及软磁铁氧体

B—01	软磁铁氧体的新要求及技术性能的改进	王耕福(75)
B—02	高频、宽带铁氧体材料的 μ' 研究及其应用	马兴民 陈元富(79)
3—03	Nb_2O_5 对 Mn Zn 软磁铁氧体高频性能影响的研究	王会宗 李俊容等(81)
3—04	离子代换对软磁铁氧体材料特性的影响	喻顺江(83)
3—05	MnCuZn 温敏铁氧体	卢国荣 罗有泉等(85)
3—06	MnZn 铁氧体大磁环的研制	陈全周 梁仕儒(87)
3—07	NiZn 材料在电磁兼容技术中的应用	曾荣伟(89)
3—08	软磁材料在电源滤波器中的应用	朱荣杰 张峰平等(91)
3—09	直流偏磁化场对 MnZn 铁氧体材料电磁性能的影响	陆明岳 俞卫国(93)
3—10	迭层片式电感器铁氧体表面成份的偏析	陆明岳(95)
3—11	LC 多路射频带通滤波器的设计与试制	张峰平 朱荣杰(97)
3—12	一种新型高频功率铁氧体材料	徐 敏(99)
3—13	PEG 对软磁铁氧体粉料压制特性的影响	陆明岳 鲍飞兵(101)
3—14	铁粉芯和它的应用	黄永富(103)
3—15	原材料对永磁铁氧体材料性能的影响	滕阳民 吕宝顺等(105)
3—16	使用铁鳞研制高性能各向同性永磁铁氧体	林 毅 左 珑等(109)
3—17	新型钨钨固溶(GR)铁氧体材料的研制	左 珑 林 毅等(111)
3—18	皂土在生产钨铁氧体预烧料中的作用	周文运(113)
3—19	高性能永磁铁氧体水平与发展方向探讨	张振汉(115)
3—20	永磁铁氧体烧结带磁现象的研究	杨伟鸿(119)
3—21	永磁铁氧体烧结工艺与窑炉结构的关系探讨	戚 伟(122)
3—22	钨铁氧体超细微粒的制备及其磁性能	钟 伟 丁维平等(126)

C 组 稀土、金属、快淬永磁

- C-01 钕铁硼永磁材料 祝景汉(128)
- C-02 稀土永磁材料的晶粒取向 高汝伟 姜寿亭等(132)
- C-03 最大磁能积的数值计算 沈安国 张明等(134)
- C-04 计算机模拟设计 $\text{Sm}_{1-x}\text{Gd}_x\text{TM}_{7.4}$ 王敬东 张明等(136)
- C-05 耐蚀永磁材料的研究 万永 邢京生等(138)
- C-06 低温度系数 2-17 型钕钴磁体的研究 姬长国 喻晓军等(140)
- C-07 稀土钴永磁矫顽力的一种模型 张明(142)
- C-08 NdFeB 液相烧结时的动力学启动区域的非一致性 唐卫 都有为等(144)
- C-09 Dy 提高烧结 Nd-Fe-B 永磁体矫顽力机理研究 李传健 李卫等(146)
- C-10 PbO 对 NdFeB 磁体性能与结构的影响 赵恒和 李淑莉等(148)
- C-11 烧结工艺对稀土永磁体取向特性和磁性能的影响 邹光荣 姜战军等(150)
- C-12 过烧对烧结 Nd-Fe-B 永磁体矫顽力的影响及其机理研究 李传健 李卫等(152)
- C-13 快淬 Nd-Fe-B 粘结磁体工艺因素对磁性能的影响 朱昌龙 张效时等(154)
- C-14 快淬 Nd-Fe-B 热压变形的均匀性及其对组织和磁性能的影响 何锋 张正义等(156)
- C-15 HDDR 各向异性 Nd-(Fe,Co,Ga)-B 永磁粉 潘伟 崔利亚等(158)
- C-16 HDDR 法制成高性能的各向异性的 Nd-Fe-B 陈彪 敬安晋等(160)
- C-17 HDDR 法工艺参数研究 敬安晋 陈彪等(162)
- C-18 HDDR 钕铁硼材料的矫顽力机理 孙爱芝 肖耀福等(164)
- C-19 以雾化热压法制备 Nd-Fe-B 磁体的工艺研究 李岫梅 孙立(166)
- C-20 Nd-Fe-B 永磁合金的环境腐蚀 过家驹 张正义等(168)
- C-21 铸造 R-Fe-C(B) 合金的磁性 张茂才 周寿增等(170)
- C-22 机械合金化合成 $\text{Nd}_2\text{Fe}_4\text{C}$ 的研究 隋昀呈 张志东等(172)
- C-23 液氮汽化气氮作为气流磨气源的优越性 于振喜 张义民(174)
- C-24 HD 方法制备的 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 和 $\text{NdFe}_{10}\text{MO}_2\text{N}_x$ 永磁体 赵新国 张志东等(176)
- C-25 氢元素在 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 永磁合金相变及细化晶粒中的作用 王佐诚 张茂才等(178)
- C-26 压力和温度对 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 的平衡含氮量的影响 徐仁根 陈长聘等(180)
- C-27 球磨工艺对 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ 磁性能的影响 徐仁根 陈长聘等(182)
- C-28 添加 Si 对 SmFeC 永磁薄膜磁性的影响 张绍英 赵同云等(184)
- C-29 $\text{Y}_2\text{Fe}_{17-x}\text{Mn}_x$ 结构和磁性研究 王寅岗 唐宁等(186)
- C-30 氮化反应对 $\text{R}(\text{Fe}_{0.8}\text{Mn}_{0.2})_{12}$ 磁性的影响 董生智 杨应昌(188)
- C-31 $(\text{Pr}_x\text{Dy}_{1-x})\text{Fe}_{10.5}\text{N}_{1.5}$ 及其氮化物的磁性探讨 董生智 曾奇等(190)
- C-32 $\text{DyFe}_{12-x}\text{Mo}_x$ 的结构与磁性 杨昌平 王亦中等(192)

2-33	机械合金化 Nd-Fe-Ti 非晶的形成及磁性相结构	金志强	都有为等(194)
2-34	Nd ₂ Fe _{92-x} Ti ₈ 及氮化物的结构和磁性	金志强	都有为等(194)
2-35	Nd ₂ Fe _{92-x} Ti ₈ 及氮化物的结构和磁性	金志强	都有为等(198)
2-36	Zn 粘结 NdFe ₁₀ Mo ₂ N _x 永磁体的矫顽力研究	张宏伟	王向群等(200)
2-37	Co 替代对 TbMn ₆₋₇ Co ₃ Sn ₅ 结构和磁性的影响	王寅岗	唐 宁等(202)
2-38	Sm ₃ (Fe, Cr) ₂₉ N ₅ 化合物的永磁性	王亦中	韩秀峰等(204)
2-39	Y ₃ (Fe, Mo) ₂₉ 金属间化合物的内禀磁性性能	潘洪革	陈长聘等(206)
2-40	(Nd, Pr) ₂ Fe ₁₄ B/ α -Fe 双向纳米晶永磁研究	孙光飞	陈菊芳等(208)
2-41	纳米复合 (NdDy) ₂ (FeNb) ₁₄ B/ α -Fe 永磁合金的结 构和磁性	王佐诚	张茂才等(210)
2-42	快淬双相稀土永磁合金的微观结构研究	孙文声	李山东等(212)
2-43	(Fe, M) ₃ B/(Nd, Dy) ₂ (Fe, M) ₁₄ B 材料的磁性与组 织结构研究(M=Co, Cu, Nb)	刘旭波	王集成等(214)
2-44	二次机械合金化方法制备 SmCo ₅ /Fe ₈₀ C ₂₀ 纳米复合 磁体初探	隋昀呈	张志东等(216)
2-45	纳米晶 Fe ₃ B 基合金的相结构与磁性	沈保根	成昭华等(218)
2-46	永磁材料的发展及其在永磁电机中的应用	杨克信	(220)
2-47	在 100℃ 以下 NdFeB 永磁的应用	张德宝	郭大先等(222)
2-48	舰船换能器用高稳定永磁材料的研制	金瑞湘	陈敏勤(224)
2-49	PrFeB 永磁材料及其在低温传感器中的应用	金国顺	高景兰等(228)
2-50	永磁对辊强磁场磁选机	王福德	翟永丰等(230)
2-51	手搬永磁起重车	关景和	赵锡九(232)
2-52	内禀退磁曲线, 等(BH)值 $\mu_0 M$ 曲线族与最大磁能积	冯明星	(233)
2-53	NdFeB, Sm ₂ Co ₁₇ 在模拟磁路中气隙磁场的温度稳定 性比较	王育平	董改华等(236)
2-54	脉冲充磁方法综述	王向群	周向东等(238)
2-55	超磁致伸缩材料特性及应用前景	宋保钢	祝景汉(240)
2-56	稀土大磁致伸缩材料的研究	郭懋端	王旭洪等(242)
2-57	Tb _{0.27} Dy _{0.73} Fe _{1.98} 合金的组织	高有辉	祝景汉等(244)
2-58	定向凝固稀土超磁致伸缩材料工艺研究	王献辉	陈仲敏等(246)
2-59	Sm _{0.9} Pr _{0.1} (Fe _{1-x} B _x 合金的显微结构和磁致伸缩	王博文	程力智等(248)
2-60	超磁致伸缩器件设计中的有限元法	徐桂芝	杨庆新等(250)

* 特邀报告。

D 组 非晶与金属软磁

D-01	非晶微晶软磁合金发展现状	王新林	(252)
------	--------------------	-----	-------

- D—02 等温退火对 $\text{Co}_{65}\text{Fe}_4\text{Mo}_2\text{Si}_{16}\text{B}_{12}$ 非晶合金磁性及结构的影响 贺淑莉 何开元等(257)
- D—03 非晶合金 $\text{Fe}_{76.5-x}\text{Cu}_{1.0}\text{Nb}_x\text{Si}_{13.5}\text{B}_{9.0}$ 的穆斯堡尔研究 金慧娟 许桂琴等(259)
- D—04 纵向磁场动态电脉冲快速退火 FeBSi 非晶合金的力学和磁性 黄金亮 鲁彦平等(261)
- D—05 成分对化学镀 Fe-Mo-B 非晶态合金镀层磁性的影响 王玲玲 张邦维等(263)
- D—06 热处理对化学镀 Fe-Mo-B 非晶合金镀层磁性和结构的影响 王玲玲 欧阳义芳等(265)
- D—07 非晶软磁材料在脉冲激光器中的应用 胡昌信(267)
- D—08 机械合金化 $\text{Mn}_{70}\text{Bi}_{30}$ 纳米晶粉末的结构和铁磁性 徐民 程力智等(269)
- D—09 $\text{Ni}_{90}\text{Bi}_{10}$ 混合粉末机械合金的 x 射线分析和磁性 程力智 徐民等(271)
- D—10 机械合金化 $\text{Fe}_{70}\text{Cu}_{30}$ 合金的结构和磁性 朱昌龙 何开元等(273)
- D—11 少量 Al 对 FeCuNbSiB 纳米晶合金结构和磁性的影响 董心权 程力智等(275)
- D—12 退火加热速度对 Fe-Cu-Nb(V)-Si-B 纳米晶合金晶粒尺寸及磁性的影响 王治 何开元等(277)
- D—13 $\text{Fe}_{73.5}\text{Ag}_{1.0}\text{Nb}_{3.0}\text{Si}_{12.5}\text{B}_{9.0}$ 合金退火过程中结构和磁性的研究 徐晖 何开元等(279)
- D—14 超微晶合金 FeCuNbSiB 晶化相的能谱分析 陈文智 张威(281)
- D—15 退火处理温度对 Fe-Zn-Nb-Si-B 纳米晶磁性能的影响 刘群先 王新林等(283)
- D—16 具有高初始磁导率超微晶合金热处理工艺研究 李志华(285)
- D—17 $\text{Fe}_{73.5}\text{Cu}_1\text{Mo}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_9$ 超微晶磁粉芯的研究 丘渝青 王正杰(287)
- D—18 铁基超微晶环形铁芯的批量横磁处理工艺 刘俊欣 全白云等(289)
- D—19 FeCuNbSiB 合金的纳米晶化 郑裕芳 余正芳等(291)
- D—20 $\text{Fe}_{55}\text{Ni}_{45}$ 纳米晶粉末机械合金化过程研究 王锦辉 陈允鸿等(293)
- D—21 Fe-47wt%Ni 合金超细微粒复数磁导率的频率特性及其压力效应 邓昌桂 朱骏等(295)
- D—22 超微晶磁粉芯的研究 汪晓峰(297)
- D—23 Fe-Cu-Nb-Mo-Si-B 纳米晶合金的磁性能 张延忠(299)
- D—24 高磁导率 Ni_3Fe 系合金 J_s 的计算及 Fe 的真实原子磁矩值问题 陈国钧 吕健等(301)
- D—25 Fe-Si 超细微粒磁性及其压力效应 陈允鸿 朱骏等(303)
- D—26 Fe-79wt%Ni 合金超细微粒的压力效应 冯宜信 朱骏等(305)
- D—27 退火温度对 Fe-47wt%Ni 超细微粒压结体复数磁导率的影响 朱骏 王锦辉等(307)
- D—28 Fe-Ni-Cr-Si 合金的热磁特性 赵恒和 高阳等(309)
- D—29 低膨胀铁镍合金磁性的稳定性 周兰 龙毅等(311)
- D—30 降低铸坯加热温度的高磁取向硅钢中抑制剂质点的析出形态 蒙肇斌 赵宇等(313)

D-31	36.1%Ni-Fe 合金的磁温稳定性	曹光明 姜军生 (315)
D-32	变压器铁心工艺系数问题的探讨	张其国 (317)
D-33	冷轧单取向硅钢磁性能与织构度的比较	李之涛 刘敏中等 (319)
D-34	$\text{Fe}_{73.5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_9$ 合金带的巨磁阻抗效应研究	陈 晨 赵同云等 (321)
D-35	Fe 层厚度对 Fe/Mo 多层膜磁性和巨磁电阻的影响	葛世慧 张宗芝等 (323)
D-36	Fe_{16}N_2 薄膜的合成及其磁性	江 海 黄大定等 (325)
D-37	(111) 生长 Terfenol 单晶的 K_{33}	高树侠 李靖元等 (327)
D-38	$\text{Tb}_{0.27}\text{Dy}_{0.73}\text{Fe}_{2-x}\text{Al}_x$ 化合物中 Al 替代研究	王旭洪 郭懋端等 (329)
D-39	$\text{Tb}_{0.27}\text{Dy}_{0.73}\text{Fe}_{2-x}\text{Al}_x$ 化合物的分子场分析	郭懋端 范红梅等 (331)
D-40	ErNi 系磁性蓄冷材料的比热特性	付 华 李春和等 (333)
D-41	化学镀 Fe-Ni-P 软磁性薄膜	丁桂甫 徐 东等 (335)

* 特邀报告

E 组 磁记录(包括磁性薄膜及多层膜)

E-01	Co-Sn 置换铁氧体的磁性与粒子尺寸的关系	曾华琬 司新文等 (337)
E-02	玻璃晶化法制备 $\text{BaFe}_{12-2x}(\text{CoSn})_x\text{O}_{19}$ 粒子的研究	杨 正 王建平等 (339)
E-03	针状铁氧体磁粉的制备研究	孙维平 马宝忠等 (341)
E-04	玻璃晶化法 $\text{BaFe}_{12-2x}(\text{CoTi})_x\text{O}_{19}$ 超细磁粉的温 度特性	司新文 刘建中等 (343)
E-05	包钴型 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 磁粉各向异性的研究	张 林 (345)
E-06	超细录象磁粉的研制	夏诚忠 楼 力等 (347)
E-07	金属磁记录粉的研制	楼 力 夏诚忠等 (350)
E-08	粒状 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 微粉的各向异性和矫顽力的研究	侯登录 穆 平等 (352)
E-09	金属磁记录粉还原工艺的研究	白辰东 宋宝珍等 (354)
E-10	粒子记录介质分布特性对静磁参数的影响	严 格 张 威等 (356)
E-11	块状 $\text{La}_{1-x}\text{Al}_x\text{MnO}_3$ 的制备和性质	林碧霞 黄允兰等 (358)
E-12	磁阻磁头中的磁畴结构及钩形畴活动	余晋岳 周 狄等 (360)
E-13	各向异性场分布的函数拟合	严 格 杨 正 (363)
E-14	I-CVI 法制备的 ME 磁带的电砂变换特性	赵育恒 (365)
E-15	软磁盘抗恶劣环境性能研究	李守卫 姚运生等 (367)
E-16	磁卡用磁条的研制	华宏慈 夏诚忠等 (369)
E-17	磁泡存储系统的可靠性设计	朱荣杰 龚来学 (371)
E-18	LaBaMnO 薄膜的自旋钉扎	侯碧辉 许勤论等 (373)
E-19	非晶氧化物磁性薄膜的晶化	顾本春 张红焰等 (375)
E-20	溅射 C 轴—钽铁氧体薄膜的晶体结构和性能	徐梅娣 郭懋端 (377)
E-21	(YbBi)IG 石榴石薄膜的各向异性	王旭洪 郭懋端等 (379)

E-22	退火 CoNb/Cu 非晶磁性多层膜的电阻和磁电阻	颜世申 吴 民等(381)
E-23	热分解法制备 Bi、Al 代 DyIG 巨磁光石榴石薄膜	张 琼 张怀武等(383)
E-24	大磁致伸缩薄膜的制备和性能	郭懋端(385)
E-25	Fe-N 薄膜的结构和磁性	杨 正 肖春涛等(387)
E-26	Fe-Ta-N 薄膜的结构和磁性	魏福林 肖春涛等(389)
E-27	纺锤形 α -FeOOH 轴比的控制	朱昊果 宋宝珍等(391)
E-28	纺锤形 α -FeOOH 制备工艺的研究	关成信 安玉玲等(393)
E-29	碱加入量对化学制备 Fe_3O_4 超细磁粉的研究	刘 颖 王全胜等(396)

F 组 微波磁学

F-01	磁性元器件与现代科学技术	余声明 黄绍华(398)
F-02	多功能组件和部件	黄绍华(403)
F-03	微波磁和瓷的复合调谐试验及磁和瓷的组件、部件	赵华德 廖兴华(405)
F-04	Al^{3+} 和 Mn^{2+} 对 YGdCaVInIG 性能的影响	胡国光 姚学标等(407)
F-05	Dy^{3+} 取代对 YIG 多晶材料自旋波线宽 ΔH_k 的影响	任仕晶 韩志全等(411)
F-06	多晶铁氧体粉料的细化研究	许小文 韩志全(413)
F-07	石榴石的 ΔH_{eff} 和 ΔH_k 与磁化强度的关系	韩志全 任仕晶等(415)
F-08	低饱和磁化强度石榴石铁氧体单晶的磁性和铁磁 共振研究	李德新 凌启芬等(417)
F-09	XD_{16} 型掺杂单晶材料研究	李淑华 周永富等(419)
F-10	超厚钇铁石榴石单晶膜的生长	魏洪项(421)
F-11	铁氧体固相反应化学均匀性的研究	袁建中 王会宗(423)
F-12	Li 含量对锂铁氧体性能的影响	李俊蓉 王会宗(425)
F-13	多元锂铁氧体系统的磁性	凌启芬 李德新等(427)
F-14	Sn^{4+} 、 Fe^{3+} 取代对镍锌铁氧体微波性能的影响	纪进忠 纪 斌(429)
F-15	毫米波用六角铁氧体多晶材料	冯全源(431)
F-16	环境温度对磁性材料影响的研究	李 黎(433)
F-17	一种廉价的电波吸收涂料研究	娄明连 陈习江等(436)
F-18	新型磁光隔离器的研制与分析	龚学文 陈亚波等(440)
F-19	任意磁化方向 YIG 单晶磁性薄膜铁磁共振线宽 的分析	周世昌 贺洪波等(442)
F-20	微波段静磁前向体波延迟线研究	胡文忠(445)
F-21	YIG 调谐振荡器频率稳定度的研究与分析	余声明(447)
F-22	YIG 小球中的高次静磁模式对 YIG 调谐滤波器性能影响分析	张礼科(449)
F-23	自动跟踪自动锁定 YIG 跟踪滤波器	郑茂林 湛贵和等(451)
F-24	数控 YIG 调谐滤波器	湛贵和 郑茂林(453)

F-25	环球耦合 YIG 调谐带通滤波器的上下频限问题	唐兴业 何平(155)
F-26	使用超微晶合金磁路提高 YIG 滤波器的扫速	王铁华 徐其付(157)
F-27	张量磁化率归一化表达式的导出与应用概要	唐兴业 何平(159)
F-28	方波导毫米波变极化器	魏克珠 周永林等(161)
F-29	铁氧体变极化移相器	高抗三 朱兆麒(163)
F-30	铁氧体和差网络	黄宏伟(165)
F-31	高隔离毫米波铁氧体快速开关	钱汝标 曾升权等(167)
F-32	三厘米高功率铁氧体快速开关的设计技巧	史谷山 田淑萍(169)
F-33	小型化 C 波段非互易移相单元的研制	胡雪梅 杨浩慈(171)
F-34	优化方法在背脊波导铁氧体移相器设计中的应用	高昌杰(173)
F-35	含有铁氧体及介质片的异形波导的传播特性	余显焯(175)
F-36	超小型 C 波段微带隔离器	陈明源 李杨兴等(177)
F-37	宽带小型化表面安装隔离器	周永川 刘红等(179)
F-38	800MHz 小型化集中参数环形器隔离器	龚则明 唐思源等(181)
F-39	小型化表面安装隔离器和环形器	周以国 郭晓宏(183)
F-40	C 波段表面安装隔离器的设计	崔明岩 王会宗等(185)
F-41	小型化插入式(drop-in)隔离器	陈显福 刘红等(187)
F-42	铁氧体平面结环形器 CAD 技术	赵伯琳 黄建(189)
F-43	毫米波 Drop-in 隔离器	郭晓宏 周以国(191)
F-44	单结带线四端环形器	李万祥(193)
F-45	超倍频宽带隔离器	彭钊 陈显福(195)
F-46	X 波段微带隔离器实现宽带隔离的方法	陈劲松 刘丽丽等(197)
F-47	宽温高功率波导结环形器	傅立友 景光才等(199)
F-48	带槽线谐振器在带线环形器中的应用研究	张道炽 黄小萍(202)
F-49	毫米波双转门波导结环形器的宽带化	何水校(204)
F-50	新型泄电隔离器的研制	沈维福(206)
F-51	Y 结波导隔离器	张玉鹏 贺孟嘉(208)
F-52	L 波段宽带微带隔离器	穆祯宗 王亮等(210)
F-53	边导模宽带隔离器	刘琼 傅立友等(212)
F-54	小型化、大隔离的波导隔离器	田玮 方崇孝等(214)
F-55	环形器/隔离器插入相位研究	陈海晖 黄宏伟(216)
F-56	微带化八毫米落入式铁氧体隔离器	曾升权 刘强等(218)
F-57	P 波段大功率同轴环形器	陆优群(220)
F-58	高平均功率二公分 Y 结环形器	翁渐巍(222)

* 特邀报告

G 组 磁应用技术

- G—01 学科交叉——二十一世纪磁学发展的新方向 赵见高(524)
- G—02 电磁兼容性探讨 李士根(528)
- G—03 磁路对磁控管工作的影响 赵国法(533)
- G—04 WZT 系列平面式永久磁铁的磁场分布 李杰森 李景天(535)
- G—05 加入粘结剂的混合颗粒材料的等效电磁参数 饶克谨 赵伯琳(537)
- G—06 铁氧体工艺中的“物理掺杂” 苏 醒 匡乐林(539)
- G—07 乳状蜡对铁氧体粉料压缩特性及毛坯机械强度的改善 陆明岳 俞卫国(541)
- G—08 汽车冷起动传感器的研制 梁 建 李守卫等(545)
- G—09 磁性材料损耗控制与应用 张震礼(547)
- G—10 变压器磁芯损耗自动测试仪 范红梅 汪 钢等(549)
- G—11 磁性液体静止密封耐压能力的研究 李德才 宋登轩等(551)
- G—12 磁性液体往复运动耐压密封的实验研究 李德才 宋登轩等(553)
- G—13 磁流体密封液体研究 由国强 闫令文等(556)
- G—14 软磁齿轮式轴角编码器 陈慧余 李志超等(558)
- G—15 新型永磁机械式磁卡锁设计与制作 马 达(560)
- G—16 无源磁轴承的设计 张 恒 龚小燕等(562)
- G—17 铁氧体移相器磁轭材料 张园园(564)
- G—18 应用于高频强磁场的铁磁介质 王宝林(566)
- G—19 磁技术在食用菌和微生物中的应用 吴浩洁 张 驰等(568)
- G—20 复合磁肥对不同土质作物增产效果及抗病性能的研究 李银芬 寇贵喜等(570)
- G—21 磁性犁铧的研究 董心权 程力智等(572)
- G—22 永磁铁氧体在摩托车电磁机中的应用 王 强(574)
- G—23 磁处理水在阴阳离子交换设备上应用机理的探讨 赵国俊 阎廷亮(577)
- G—24 磁力正牙用小磁体的磁力学特性 李杰森 张华云等(580)
- G—25 电磁场同生物相互作用中的共振问题 张兆庆 张 驰等(582)
- G—26 一种适应症广的高效磁疗器 陈恩升 王 巍等(584)
- G—27 一种治疗中风后遗症的有效疗法 陈恩升 王 巍等(586)

* 特邀报告

H 组 磁测量、计量、标准

- H—01 锁相合成功率信号源 王铁华(588)

H-02	3cm 频段多晶铁氧体材料的 ΔH_k 测量	石成玉	罗建成(590)
H-03	用最小二乘法计算无限宽脉冲下的 ΔH_k	罗建成	石成玉(592)
H-04	应用 Hp4191A 测量自谐频率及修正方法	滑 伟	(594)
H-05	光带法磁光波导传输损耗的测量系统	袁 冰	何华军(596)
H-06	YIG 调谐振荡器的边带相位噪声测量	任 伦	(598)
H-07	不同传输线间特性导纳比、结构突变导纳和传输线传播常数的测量方法	王绪彬	(600)
H-08	磁力显微镜在磁记录材料研究中的初步应用	徐 海	韩宝善(602)
H-09	提高磁通计测量精度和稳定性的尝试	李楚建	张效昌等(604)
H-10	磁致伸缩材料致动器及控制器研制	李楚建	张效昌等(606)
H-11	一种通过外磁场测量物体磁矩的方法	肖昌汉	何华辉(608)
H-12	磁性材料粉末平均粒度的测定	罗 辉	(610)
H-13	磁性粉末比表面积测量的简化	徐祖恒	(612)
H-14	一种简便的产品氧化状况测量方法	王兴邦	(614)
H-15	空心互感器串联和并联的研究	刘兴民	刘立宇(616)
H-16	多功能磁特性自动测试系统设计	章玉鉴	冯玉田等(619)
H-17	磁学领域的国际标准和国家标准、行业标准简论	李克文	胡 滨(623)
H-18	方圈和单片测试	朱 琦	(627)
H-19	一种新型的矫顽力测试仪	李大明	(629)
H-20	磁化功率高达 1000W 的软磁磁性快速测量装置	尤 培	陈新华(631)
H-21	10kHz 下软磁铁氧体 B_s 、 B_r 、 H_c 的测量	邓 元	林 岭(633)
H-22	MS9400 铁氧体数字功率测量仪	吴雪予	(635)
H-23	软磁铁氧体脉冲特性测量	郑庆珍	(637)
H-24	磁芯有效参数计算软件研究	徐 强	(639)
H-25	单片机在测磁仪中的应用	刘大明	(641)
H-26	低成本铁氧体磁芯磁滞参数自动测试系统	刘玳珩	潘阳发等(643)
H-27	漏磁通检测在无损伤中的应用	胡险峰	(645)
H-28	大型汽轮发电机转轴材料磁性能从低磁场到高磁场的测量	周崇新	(647)
H-29	新型永磁特性快速测量装置(MS9210 简介)	吴雪予	马力军等(649)
H-30	磁钢温度系数测量仪	孙成发	李照阳等(651)
H-31	WINDOWS 环境的磁性材料特性测试系统	李照阳	孙成发等(653)
H-32	电度表阻尼磁钢的检测	苏 岚	郑武伟(655)
H-33	Sr、Ba 永磁铁氧体材料的 x 射线光谱熔融片法测定	刘 笛	李峻鹏等(657)
H-34	钕铁硼磁铁的磁性能测量和分选	姚云甫	(661)
H-35	自动测试中零漂调节对永磁 B_r 性能测试的影响	杨 梅	(663)
H-36	钕铁硼磁片叠加法测量探讨	魏 伟	(665)
H-37	快淬 NdFeB 粘结磁体温度特性测试探讨	石凤兰	李寿安(667)
H-38	关于一些名词术语订名	吴安国	(669)

Fe-N 系磁性材料的研究现状及展望

余忠清, 章建荣, 王敦辉, 都有为

(南京大学物理系, 210093)

1、前言

在 Fe-N 系中, 随着 N 在铁中的含量的不同, 生成不同的物相, 诸如: FeN 、 Fe_{2-3}N 、 Fe_3N 、 Fe_4N 、 Fe_{16}N_2 (或 Fe_8N) 等。不同的物相具有不同的磁学和冶金学上的性质。早期对氮化物感兴趣是由于它在钢中可提高钢的表面硬度和耐磨性。铁磁性氮化铁(Fe_xN , $2 < x \leq 8$)具有比纯铁高的硬度和大的饱和磁化强度[1]。另外, 其化学稳定性也优于纯铁[2]。近年来, 由于部分铁的氮化物(Fe_4N 、 Fe_{16}N_2)可能成为磁记录头或磁记录介质的候选材料[1-5]而引起人们的广泛研究, 特别是在室温下稳定的亚稳相 Fe_4N 和 Fe_{16}N_2 , 本文将就其研究的现状进行评述, 并对今后的发展方向进行展望。

2、 Fe_4N 材料

早期主要是日本的学者对 Fe_4N 磁性粉末进行研究。尽管不少学者对 Fe_4N 作为磁记录材料的应用前景作了较为乐观的估计, 但历经近十年的努力, Fe_4N 并没有在磁记录材料市场中占有多大的份额。这也是目前 Fe_4N 材料的磁性特点所决定的。 Fe_4N 材料的抗氧化性虽比同样大小的金属粉料要强, 但它还是会缓慢氧化。另一方面, 将针形铁粉氮化为 Fe_4N 后, 即使在保持粉末形状不变的情况下, 矫顽力大幅度下降, 可达 50% 左右, 比 $\text{Co-}\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 的还低。这在一定程度上制约了它的应用。在这种背景下, 近年来, 法国学者揭开了再次拯救 Fe_4N 材料的序幕, 用锡、碳部分取代 Fe_4N 中的铁和氮, 得到 $\text{Fe}_3\text{Fe}_{1-x}\text{Sn}_x\text{N}_{1-x}\text{C}_x$ ($x \approx 0.3, X \approx 0.4$), 其矫顽力可达 600 Oe, 在空气中的老化测试表明, 抗老化特性优于用常规方法制备的 Fe_4N 磁性粉料。Bao 等人针对针形 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 在氢还原中粉末的形貌易遭破坏和形成空洞的特点, 破坏了产物的形状各向异性, 将 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 覆盖 SiO_2 后, 再进行氮化处理所得的 Fe_4N 粉末的磁性能得到改善, 比饱和磁化强度和矫顽力分别为 140 ~ 160 emu/g 和 1000 Oe。从上述近年来对 Fe_4N 的研究结果表明, 掺杂不失为改善 Fe_4N 抗氧化性的主要途径, 但应选择那些能够同时提高磁晶各向异性或形状各向异性的元素进行掺杂, 以便进一步提高掺杂 Fe_4N 粉末的矫顽力、不过分降低比饱和磁化强度, 使其最终能在商业市场上占有一席之地。值得注意的是 Chatbi 等人是在二氧化硅石英衬底上, 用离子束辅助沉积法制备了单相 Fe_4N 薄膜。这有可能是对 Fe_4N 磁性薄膜材料深入研究的开始。

3、 Fe_{16}N_2 材料

1972 年 Kim 和 Takahashi 首次 in 低氮气压下, 在玻璃衬底上沉积的铁氮薄膜具有异常高的饱和磁化强度, 其中的主要物相为 $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$, 根据 α'' 相所占的体积分数, 算出它的饱和磁通密度为 2.83 T, 相当于每个铁原子的平均磁矩为 $2.9\mu_B$. 这一发现一直被忽视近二十年. 从 1990 年开始, 人们注意研究这一材料, 用各种手段在不同的衬底材料上制备了不同性质的 $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$ 薄膜. 制备方法包括: 溅射、氮离子注入法、分子束外延、等离子以及溅射退火等. 而不同结果之间的差异较大, 主要是由于方法不同, 所得薄膜中 $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$ 的体积分数不一. 这就有必要测量纯 $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$ 相的磁性质, 以便证实是否具有“巨”磁矩. 到目前为止, 许多学者作了不少努力, 但结果仍很不一致. Bao 等人通过氢还原 Fe_2O_3 , 再氮化处理, 产物中含有 30% 的 $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$ 相, 结果认为它的比饱和磁化强度 $\sigma_s = 310 \text{ emu/g}$, 但 Jack 认为该报道不可信. 因此, 到目前为止, 由于制备技术的滞后, 难于制得真正的纯 $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$ 相, 也就难于确定其真实的磁矩. 另外, $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$ 与 $\alpha'\text{-Fe}_8\text{N}$ 相也难于区分, 二者很可能有着不同的磁化强度. 但是, 国内外的学者已形成一种共识, 即 $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$ 相的饱和磁化强度比纯铁高, 而且据有极强的铁磁性.

4. 结语及展望

综上所述, 对 $\gamma\text{-Fe}_4\text{N}$ 和 $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$ 相来说, 无论是其薄膜材料, 还是其块材 (粉末) 的制备和性质, 还有许多工作值得做. 例如, Fe-M-N 系 ($M = \text{Co}, \text{Mo}, \text{Mn}, \text{Al}, \text{Ta}, \text{Sn}, \text{Cr}, \text{Ni}, \text{Nb}, \text{V}, \text{Ti}$) 有的合金元素的添加, 有的可以增强磁晶各向异性, 有的可以提高 $\gamma\text{-Fe}_4\text{N}$ 和 $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$ 相稳定的温度范围, 有的还可以改变电阻率等性质. 甚至可以将 M 的范围扩大到稀土金属, 考查这类材料的磁性与已研究得较为深入的稀土-Fe-N 系的永磁材料相比较, 以便进一步揭示氮原子对磁性贡献的原因.

在制备 $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$ 相的方法上, 除了常规途径 $\gamma \rightarrow \alpha' \rightarrow \alpha''$ 外, 还应针对 ϵ 、 γ' 相的脱氮, 低氮马氏体回火生成的混合相 $\alpha' + \alpha''$ 进行二次低温 ($< 250^\circ\text{C}$) 氮化处理, 用已有的 α'' 相作为形核中心, 是否能成为获得纯 α'' 相的突破口进行研究. 另外, Fe-N 系和 Fe-M-N 系磁性材料的其它性质, 诸如磁光效应, 高电阻率、零磁致伸缩特性, 巨大的各向异性场, 良好的磁导率频率响应特性, 微波吸收性的研究, 几乎还是空白, 非常值得研究. 完全可以预计, 在不远的将来, 以 Fe-N 系为基的磁性材料, 其用途将会进一步扩大.

参考文献

1. N.Terada, Y.Hoshi, M.Naoe, and S. Yamanaka, IEEE Trans. Mag., 1984, 20, 1451.
2. K. Umeda, E. Kita, and A. Tasaki, ibid, 1986, 22, 591.
3. C. Chang, J. M. Silvertsen, and J. H. Judy, ibid, 1987, 23, 3636.
4. M. Kume, T. Tsujika, K. Matsuura, Y. Abe, and A. Tasaki, ibid, 1987, 23, 3633.
5. M. Nagakubo, T. Yamamoto, and M. Naoe, J. Appl. Phys., 1988, 63, 4309.

Fe₃N 在热处理后的相变及磁性的变化

余忠清,章建荣,王敦辉,都有为

南京大学物理系,210093

1.前言

在 Fe-N 系中,有几种室温稳定相,如 Fe₁₆N₂、Fe₄N 和 Fe₃N 等.近年来,由于 Fe₁₆N₂ 和 Fe₄N 很可能成为新的磁记录头和磁记录材料,引起人们的广泛研究.无论是在 Fe₁₆N₂ 材料中,还是在 Fe₄N 材料中,经常含有 Fe₃N 相.到目前为止,对 Fe₃N 材料的热处理行为及磁性能的变化特点,还不是太清楚.这正是本文的研究目的.

2.实验步骤

Fe₃N 单相粉末是经过在 450 °C 的氨氢混合气氛(氨氢体积比为 3:1)中氮化处 γ-Fe₂O₃ 粉末 4 小时而得到的. Fe₃N 粉末然后压制成直径约为 1cm 的圆片,再放入管式加热炉中,在氨气氛下,在不同的温度进行退火处理.退火样立即淬火,降至室温,再经钝化,即可取出进行物性检测.所有的试样都经 XRD、VSM 进行性能检测.

3.结果

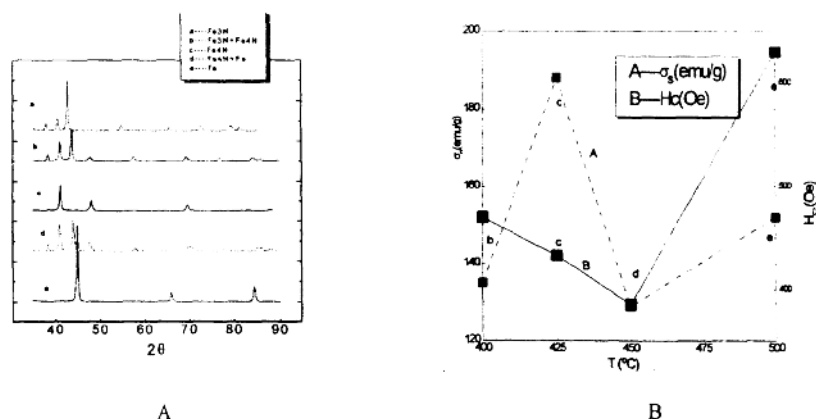


图 1 Fe₃N 试样在氨气中在不同的温度下退火 4 小时后相变规律(A)及磁性变化(B)。

图 1A(a) 为 Fe_3N 的 XRD 图谱, 表明其是纯的。从图 1(A) 的其它 XRD 谱线可以看出 Fe_3N 试样的相变有如下特点: (1) Fe_3N 在 425°C 完成向 Fe_4N 的转变; (2) Fe_3N 在 500°C 脱氮彻底, 生成 $\alpha\text{-Fe}$; (3) 图 1(A) 中 b 、 d 二谱线表明 Fe_3N 和 Fe_4N 的相转变不是突变, 而是一个渐近的过程。经 VSM 测定, 原料 Fe_3N 的比饱和磁化强度和矫顽力分别为 130emu/g 和 485Oe 。经退火处理后, 试样的比饱和磁化强度随退火温度的升高, 出现纯的 Fe_4N 相以后, 达到最大值 188emu/g ; 随着退火温度达到 450°C 后, 也就是 Fe_4N 开始脱氮后比饱和磁化强度急剧降低, 脱氮完毕后, 比饱和磁化强度又有所升高。而矫顽力随退火温度升高到 450°C 后, 出现最低值 385Oe ; 当出现纯的 $\alpha\text{-Fe}$ 后, 矫顽力反而升高。

4. 结 论

Fe_3N 粉末在氢气中退火, 在 425°C 和 500°C 可分别得到 Fe_4N 和 $\alpha\text{-Fe}$ 的纯相, 其比饱和磁化强度和矫顽力分别为 188emu/g 、 152emu/g 和 433Oe 、 630Oe 。

参 考 文 献

1. K. J. Jack, J. Appl. Phys. 1994(76), 6620.
2. Z. X. Tang, G. C. Hadjipaniagis, S. I. Shah, V. Papefthymiou and K. J. Klabunde, J. Magn. Mater. 119(1993)49.
3. D. Rouselle, S. Lorthioir, Y. Prigent and G. Demazeau, Mater. Lett. 15(1992)186.
4. X. Bao, R. M. Metzger, W. D. Doyle, J. Appl. Phys. 73(1993)6734.
5. F. Li, J. Yang, D. Xue, R. Zhou, J. Mater. Sci. 30(1995)4857.

掺 Ni 对 Co/Cu 多层膜磁性的影响*

姜恩永 吴萍

(天津大学物理系 天津 300072)

1 引言

由 Parkin 等人 [1] 发现了磁性多层膜系统中层间交换耦合和磁阻随非磁性层厚度的振荡现象, 从而引起了人们的广泛关注。目前发现的振荡周期, 除 Cr 夹层的多层膜振荡周期可达 1.8 nm 外, 其它多层膜的振荡周期均在 0.8 ~ 1.2 nm 之间 [2]。就 Co/Cu 多层膜而言, 其振荡周期为 ~1.0 nm。目前提出的几种模型能较好地解释这种层间耦合振荡现象, 如 RKKY 理论和尺寸量子化理论。但所有理论均不完善。为了进一步弄清这一现象的起源, 还需在实验上做更深一步的工作。本文研究了在 Co/Cu 多层膜非磁性夹层中添加 Ni 对 Co/Cu 多层膜磁性的影响。

2 实验

Co/Cu (Ni) 多层膜样品用 FTS-II 型双对向靶溅射仪制备。两对相对放置的 Co 靶、Cu 靶, 直径为 100mm, 纯度为 99.99%。通过改变放在 Cu 靶上的 Ni 片的数量来改变掺杂浓度, Ni 片尺寸为 52 × 13 mm。为了精确控制各膜层的厚度, 用小角 X 射线衍射 (LAXRD) 标定了 Co 和 Cu (Ni) 的沉积速率, $V_{Co} = 1.02 \text{ Å/s}$, $V_{Cu(10\%Ni)} = 0.95 \text{ Å/s}$, $V_{Cu(20\%Ni)} = 0.91 \text{ Å/s}$ 。通过改变交替沉积的时间获得不同厚度的 Co/Cu (Ni) 多层膜。溅射前的本底真空度为 $2 \times 10^{-4} \text{ Pa}$, 溅射时充氢气, 溅射气体压强为 $4 \times 10^{-1} \text{ Pa}$, 在玻璃基片上沉积了两组具有不同掺杂浓度的 Co/Cu (Ni) 多层膜, 即 glass/Cu (10%Ni) (50 Å) / [Co(20 Å) / Cu (10%Ni) (t_1 Å)]₃₀ t_1 从 4.8 Å 到 28.5 Å; glass/Cu (19%Ni) (50 Å) / [Co(20 Å) / Cu (19%Ni) (t_2 Å)]₃₀ t_2 从 4.7 Å 到 32 Å。用 LAXRD 分析了 Co/Cu (Ni) 多层膜的层状结构, 用振荡样品磁强计 (VSM) 测量薄膜在室温下的磁性。

3 结果与讨论

多层膜的 LAXRD 图中至少出现了一级小角衍射峰, 说明用该方法制备的 Co/Cu (Ni) 多层膜具有较好的层状调制结构。

图 1 示出室温下样品的矩形比 (M_r/M_s) 与间隔层厚度的关系图, 可见 M_r/M_s 随间隔层厚度出现振荡现象, 层间耦合振荡周期 λ 为 14.3 Å (10%Ni)、18.2 Å (19%Ni), 均比 Co/Cu 多层膜样品的振荡周期高, 其中掺 19% 的 Ni 可使多层膜振荡周期提高一倍。

* 国家自然科学基金资助项目