

Effect of Ta Buffer Layer on the Structural and Magnetoelectricity Characteristic of Ultrathin NiCo Films

Guo-song Wang¹, Shan-shan Zhang, Ying Zhen, Qiao-yan Dong, Hong-wei Jiang^{2*}

^{1,2}Department of Physics, Capital normal University, Beijing 100048, China

Email: 123wangguosong@163.com, jhw-phy@mail.cnu.edu.cn

Abstract: NiCo and Ta/NiCo films were grown on glass substrates with magnetron sputtering, and the effect of Ta buffer layer on the structural and magnetoelectricity characteristic of NiCo films with different thickness were studied. When the thickness of NiCo films are thicker than 15nm, the distinctness fcc (111) peaks were found in the films with Ta buffer layer, but the (111) peaks can't be found in the films without Ta buffer layer by the x-ray diffraction (XRD). The atomic force microscopy (AFM) results indicate that the surface of NiCo films with Ta buffer layer are smoother than the NiCo films without Ta buffer layer. The vibrating sample magnetometer (VSM) results show that the both NiCo films existed magnetic anisotropy. The anisotropic magnetoresistance (AMR) of NiCo films can be improved by Ta buffer layer.

Keywords: NiCo film; anisotropic magnetoresistance; texture; magnetron

Ta 缓冲层对超薄 NiCo 薄膜微结构和磁电特性的影响

王国松¹, 张珊珊, 甄莹, 董巧燕, 姜宏伟^{2*}

^{1, 2}首都师范大学物理系, 北京, 中国, 100048

Email: 123wangguosong@163.com, jhw-phy@mail.cnu.edu.cn

摘要: 采用磁控溅射方法制备了 NiCo 和 Ta/NiCo 薄膜样品, 研究了 Ta 缓冲层对不同厚度 NiCo 薄膜微结构和磁电特性的影响。X 射线衍射 (XRD) 结果表明, 当 NiCo 厚度大于 15nm 时, 有 Ta 缓冲层的 NiCo 薄膜出现了较明显的面心立方的 (111) 结构, 而没 Ta 缓冲层的 NiCo 薄膜没有出现 (111) 结构, 但是两个系列的薄膜都出现了微弱的 (200) 结构。通过原子力显微镜 (AFM) 观察到有 Ta 缓冲层的薄膜表面比较光滑。振动样品磁强计 (VSM) 的测量结果显示, 两个系列的薄膜样品均出现了面内磁各向异性。各向异性磁电阻 (AMR) 的测量结果表明, Ta 缓冲层可以提高薄膜的各向异性磁电阻值。

关键词: NiCo 薄膜; 各向异性磁电阻; 结构; 磁控溅射

1 引言

超薄磁性薄膜材料能够应用于磁传感器, 自旋阀和磁存储等方面, 所以其微结构和磁电特性受到人们的广泛研究^[1]。一般认为, 薄膜的成份, 厚度^[2], 结构^[3]和表面粗糙度^[4]等因素对薄膜的磁电特性有很大的影响。另外, 有些文献也报道了缓冲层会影响到薄膜的微结构, 进而能改善薄膜的磁电特性^[5]。

Ta 缓冲层对磁性薄膜的影响曾被广泛的研究, 但是 Ta 缓冲层对 NiCo 薄膜磁电性质的影响很少见有报道。由于 NiCo 薄膜具有较大的饱和场, 所以在某些领域 (如电流表的制造) 有很好的应用前景。在本文

中, 我们在玻璃基底上镀了 NiCo 和 Ta/NiCo 两个系列的薄膜样品, 并研究了它们的微结构和磁电特性。

2 试验方法

采用 JGP600 型超高真空磁控溅射镀膜仪制备薄膜样品; 溅射靶材为金属 Ta 靶和在金属 Ni 靶上均匀贴 Co 片的复合靶, 基片是玻璃的。溅射时系统的本底真空优于 3×10^{-5} Pa, 工作气体是高纯氩气, 工作气压是 0.3 Pa, 各种材料的溅射速率为 0.1 nm/s 左右。薄膜结构和表面形貌分别通过常规 X 射线衍射仪 (XRD) 和原子力显微镜 (AFM) 进行表征; 使用振动样品磁强计 (VSM) 测量样品的磁学特性; 样品的各向异性磁电阻 (AMR) 值采用常规的四探针法在室温下测量。

资助信息: 本工作得到北京市教育委员会科技计划专项基金的支持

*通信作者: 姜宏伟 (jhw-phy@mail.cnu.edu.cn)

3 试验结果和讨论

图 1 (a) (b) 分别给出了 NiCo 和 Ta/NiCo 薄膜样品的 X 射线衍射图 (曲线从下到上样品的厚度依次增加)。(a) 图为没 Ta 缓冲层的 NiCo 薄膜 XRD 衍射图, 所有厚度的 NiCo 薄膜都没有出现 (111) 峰。

(b) 图为有 Ta (8nm) 缓冲层的 NiCo 薄膜的 XRD 衍射图, 当 NiCo 厚度大于 15nm 时, 在 $2\theta = 44.49^\circ$ 处出现了较明显的 (111) 峰。可以看出 Ta 缓冲层有利于薄膜形成较好的 (111) 织构。另外, 两个系列中的样品均出现了微弱的 (200) 峰。

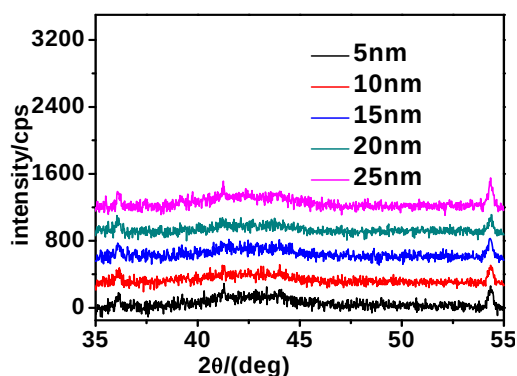
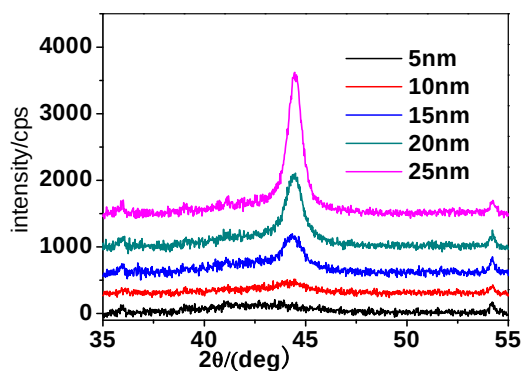


Fig 1 (a) XRD patterns of NiCo films

图 1 (a) 不同厚度 NiCo 的 XRD 衍射图



(b) XRD patterns of Ta/NiCo films

(b) 不同厚度 Ta/NiCo 的 XRD 衍射图

图 2 (a) (b) 给出了通过 AFM 观察到的 NiCo (25nm) 和 Ta/NiCo (25nm) 薄膜的表面形貌图。可以看出有 Ta 缓冲层的薄膜表面比较光滑。图 3 给出了两个系列薄膜粗糙度随厚度的变化图, 测试结果表明 Ta/NiCo 系列薄膜明显比 NiCo 系列薄膜的表面光滑。

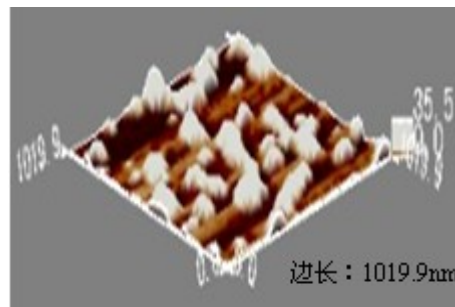
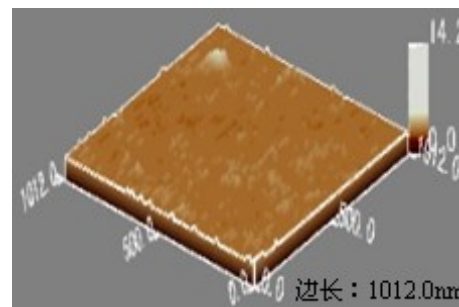


Fig 2 (a) AFM images of Ta/NiCo (25nm)

图 2 (a) Ta/NiCo (25nm) 的表面形貌



(b) AFM images of NiCo (25nm)

(b) NiCo (25nm) 的表面形貌

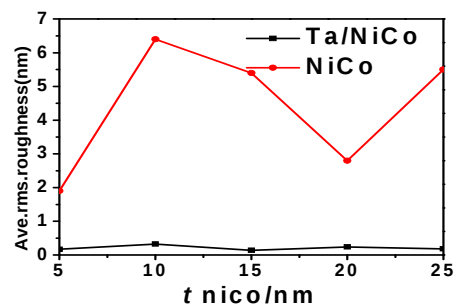


Fig 3 Variation in roughnesses of NiCo and Ta/NiCo as a function of thickness

图 3 NiCo 和 Ta/NiCo 表面粗糙度随厚度的变化

图 4 (a) (b) 为两个系列薄膜矩形度随测量角度的变化图。薄膜的矩形度通过测量面内 0° 到 180° 的磁滞回线得到。结果发现有 Ta 缓冲层和没有 Ta 缓冲层的 NiCo 薄膜都表现出了面内磁各向异性, 相似的情况在 Co/Fe 薄膜中也有发现^[6]。图 5 (a) (b) 分别给出了 NiCo (25nm) 和 Ta (8nm)/NiCo (25nm) 薄膜样品易轴和难轴的磁滞回线, 可以清楚地看出薄膜的面内磁各向异性。众所周知, 在镀膜时加磁场或者后期加磁场退火处理都可以诱导易磁化轴^[7], 在

此实验中两种方法都没采用,但是两个系列的样品都出现了面内磁各向异性,这可能与两个系列样品形成了(200)织构有关。

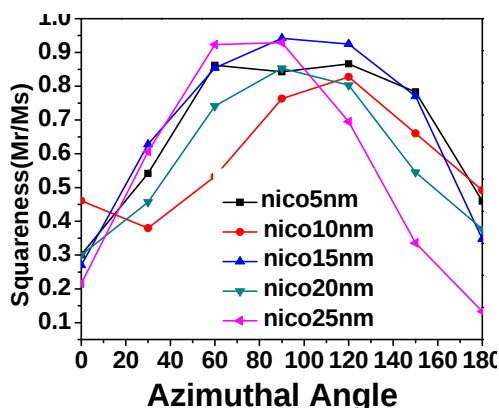
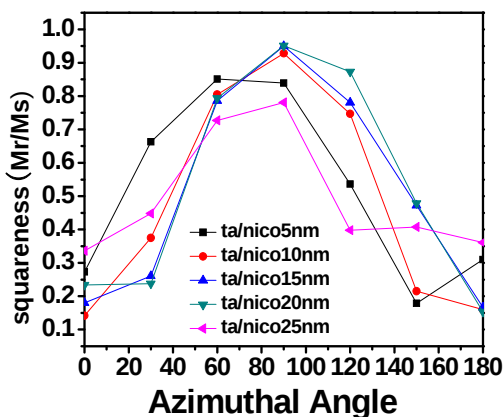


Fig4 (a) Magnetic anisotropy for NiCo films

图 4 (a) NiCo 薄膜的磁晶各向异性



(b) Magnetic anisotropy for Ta/NiCo films

(b) Ta/NiCo 薄膜的磁晶各向异性

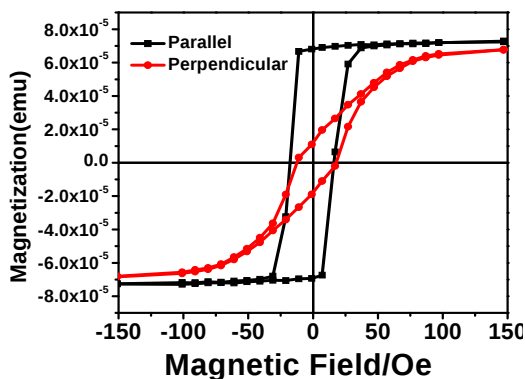
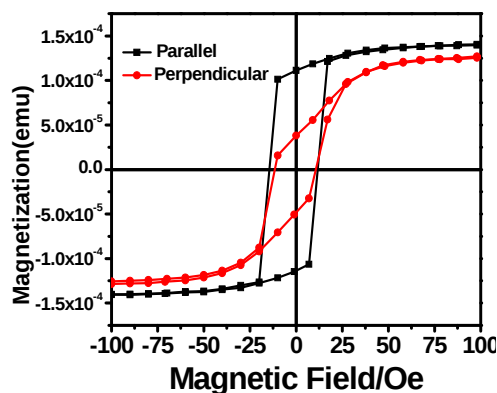


Fig5 (a) The parallel and perpendicular hysteresis loops of NiCo (25nm) films loops

图 5 (a) NiCo (25nm) 薄膜易轴平行和垂直磁场的磁滞回线



(b) The parallel and perpendicular hysteresis of Ta/NiCo (25nm) films

(b) Ta/NiCo (25nm) 薄膜易轴平行和垂直磁场的磁滞回线

图 6 给出了 NiCo 和 Ta/NiCo 薄膜的 AMR 值随厚度的变化。各向异性磁电阻的定义为 $\Delta R/R_0 = |R - R_0|/R_0$, 其中 R_0 是零场下的电阻, R 为饱和场下测得的电阻。由图 6 可见随着 NiCo 薄膜厚度的增加, 两个系列薄膜的 AMR 值都有了明显的增大。当 NiCo 薄膜的厚度大于 15nm 时, 对两个系列的薄膜样品进行对比, 发现有 Ta 缓冲层的 NiCo 薄膜的 AMR 值较大。从上面的 XRD 图可看出当薄膜大于 15nm 时, 有 Ta 缓冲层的 NiCo 薄膜出现了较明显的 (111) 织构, 可以说较好的 (111) 织构提高了薄膜的 AMR 值。

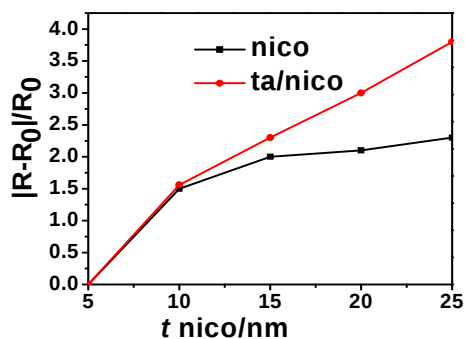


Fig 6 The AMR values of NiCo and Ta/NiCo films vs thickness

图 6 NiCo 和 Ta/NiCo 薄膜的 AMR 值随厚度的变化

4 结论

(1) 当 NiCo 厚度大于 15nm 时, Ta 缓冲层促使薄膜形成了 (111) 织构。两个系列中所有厚度的样品

均形成了(200)织构,这与有无 Ta 缓冲层无关。

(2) AFM 结果表明有 Ta 缓冲层的 NiCo 薄膜的表面比较光滑。

(3)两个系列的薄膜样品都出现了面内磁各向异性,这可能与两个系列的样品形成了(200)织构有关。

(4)当 NiCo 厚度大于 15nm 时,有 Ta 缓冲层的 NiCo 薄膜的 AMR 值比无 Ta 缓冲层的大,这是因为当 NiCo 厚度大于 15nm 时,有 Ta 缓冲层的 NiCo 薄膜形成了较好的(111)织构。

5 致谢

本工作得到了北京市教育委员会科技计划专项基金的支持,基金编号: KM201010028004

References(参考文献)

- [1] Lee W-Y, Tony M F.[J].J.Appl.Phys,2000,**87**;9
- [2] K.Vahaplar,etc.J.Vac.Scihnol.B,**Vol.27**,No.5,Sep/Oct 2009
- [3] A.Kharmouche,etc.,J.Phys.D:Appl.Phys.**37**,2583 (2004)
- [4] M.Li and G.-C.Wang,J.Appl.Phys.**83**,5313 (1998)
- [5] X.Bi,L.Gan,X.Ma, J.Magn.Magn.Mater.**268**,321 (2004)
- [6] M.H.Park,etc.J.Appl.Phys.**91**,7218 (2002)
- [7] P.Sharma and A.Gupta,J.Magn.Magn.Mater.**288**,347 (2005)