

非晶态 $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ 合金的 X 射线光电子能谱研究

郭慧群 詹文山 沈保根 章志英
王昌衡 谢 侃 齐上雪 潘孝硕

(中国科学院物理研究所)

1986年1月2日收到

提 要

本文报道非晶态 $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ 合金的 X 射线光电子能谱的实验结果, 分别给出了 Fe, Co, Si, B 元素的内层电子能级的结合能以及费密面态密度随 Co 含量的变化关系。

一、引 言

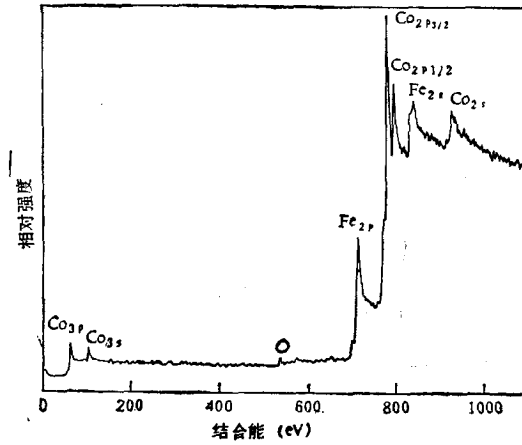
随着非晶态铁磁材料研究的不断深入, 有关原子结构、电子结构、磁性、电性和稳定性等方面的工作已有大量的报道。非晶态 FeCoSiB 合金是最稳定的非晶态磁性材料之一, 具有很好的实用意义。Fujimori 等人^[1]曾给出了非晶态 $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{78}\text{Si}_{10}\text{B}_{12}$ 合金的饱和磁化强度及居里温度随成分的变化关系, Mitita 等人^[2]也报道过类似的研究。我们曾对非晶态 $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ 合金的磁性、电性和 Mössbauer 谱以及非晶态 $\text{Fe}_2\text{Co}_{70}\text{Si}_{15}\text{B}_{10}$ 合金的磁场热处理和晶化动力学作了详细的研究及报道^[3-5]。但有关非晶态 FeCoSiB 合金系列电子结构方面的工作尚未见报道, 本文将报道非晶态 $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ 合金的 X 射线光电子能谱的实验结果。

二、实 验

非晶态 $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ ($x = 0; 0.1; 0.5; 0.7; 0.9; 1.0$) 合金是采用单辊急冷法制备的。样品为薄带状, 宽度为 2—3mm, 厚度为 20—35 μm 。样品成分用化学容量方法测定。经 X 射线衍射技术鉴定为非晶态结构。样品的 XPS 谱是在 ESCALAB-5 装置上获得的, 实验采用 Al 靶 ($E(K_{\alpha}) = 1486.6\text{eV}$) 和 Mg 靶 ($E(K_{\alpha}) = 1253.6\text{eV}$)。

三、结果和讨论

用 Al 靶测量了非晶态 $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ 合金的 XPS 全谱。x = 0.9 样品的全谱

图 1 非晶态 $(\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9})_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ 合金的 XPS 全谱图

图示于图 1. 还测量了 Fe 和 Co 的 3p, 3s, Si 的 2p, 2s, B 的 1s 内层能级的结合能随 Co 含量 x 的变化关系, 数值如表 1 所示. 所给出的结合能都是以费密能 E_F 为 0 点. 从表 1 看出, Fe, Co 元素的 3p 能级的结合能相对纯 Fe, Co 的 3p 能级而言, 都随 Co 含量增加向着高结合能的方向位移, 约在 $x = 0.7$ 时结合能最大, 然后减少. 这些位移可能与电荷转移有关^[6], 并且与 Fe 原子磁矩随 x 的变化规律极为相似^[9], 其内在联系有待进一步讨论.

表 1

| $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{78}$ $\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ | Fe | | Co | | Si | | B |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 3p (eV) | 3s (eV) | 3p (eV) | 3s (eV) | 2p (eV) | 2s (eV) | 1s (eV) |
| Fe | 52.4 | 91.0 | | | | | |
| Co | | | 59.05 | 100.9 | | | |
| Si | | | | | 99.15 | 153.0 | |
| B | | | | | | | 188.0 |
| $x = 0$ | 52.6 | 91.4 | | | 99.0 | 150.5 | 187.75 |
| $x = 0.1$ | 52.7 | 91.25 | 59.0 | | 99.1 | 150.45 | 187.9 |
| $x = 0.5$ | 53.3 | 91.5 | 59.7 | 100.9 | 99.5 | 150.55 | 187.9 |
| $x = 0.7$ | 53.3 | 91.2 | 59.75 | 101.0 | | 151.15 | 188.2 |
| $x = 0.9$ | 53.1 | 91.0 | 59.65 | 101.0 | | 150.9 | 188.4 |
| $x = 1.0$ | | | 59.2 | 99.8 | | 150.4 | 188.3 |

非晶态 $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ 合金的 3d 能级费密面态密度随 x 的变化关系是分别用 Mg 靶和 Al 靶测量的. 用背底归一化方法处理得到费密面态密度随 x 的变化规律. 图 2 给出了用 Mg 靶测得的非晶态 $(\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9})_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ 合金的 3d 能级态密度图. 图 3 给出了这个非晶态合金系列的 3d 能级密度随 x 变化曲线, 图 3 中圆圈为实验点, 光滑曲线

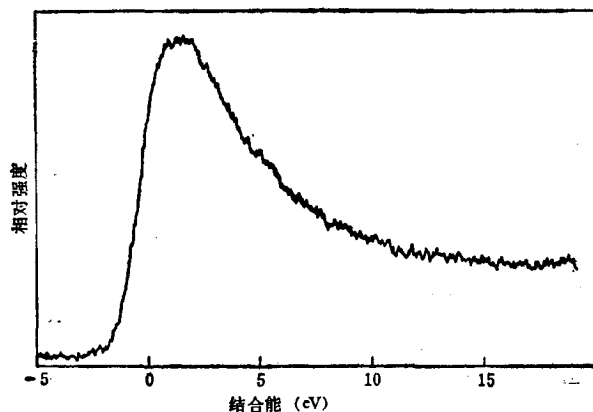
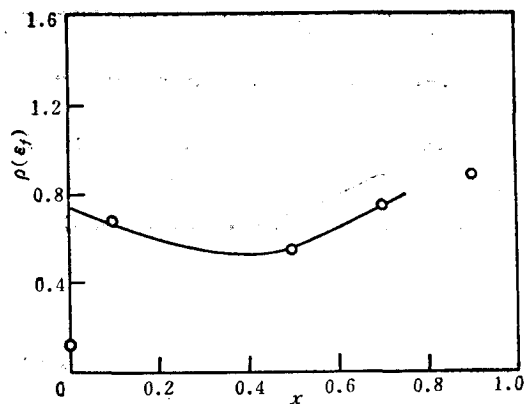


图 2

图 3 非晶态 $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ 合金的 3d 能级费密面态密度随 Co 含量 x 的变化关系

为 Hasegawa 等人^[7]用相干势近似计算的 $\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x$ 晶态合金 3d 能级费密面态密度随 x 变化曲线。从图 3 看出,除 $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ 的样品外,其它成分的能态密度与理论曲线相对地符合得很好。我们从磁性和 Mössbauer 谱测量推导出每个 Fe 原子磁矩随 Co 含量增加而增加,并趋近饱和值 $2.6\mu_B$, 而每个 Co 原子磁矩与成分无关的结果^[9]。这个结果与晶态 $\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x$ 合金中 Fe, Co 磁矩随成分的变化极为相似^[8]。Hasegawa 的理论计算也给出了晶态 $\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x$ 合金 Fe, Co 原子的磁矩随 x 的变化关系,并与实验结果符合得很好。因此, Hasegawa 等人^[7]提出的电子结构模型可定性解释非晶态 $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ 合金中每个 Fe, Co 原子磁矩随 x 的变化以及费密面态密度随 x 的变化规律。非晶态 $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{9.5}\text{B}_{12.5}$ 合金的态密度比纯 Fe 的偏低较多(如图 3 所示),可能是由于该非晶态合金是因瓦材料^[9],其态密度较正常态纯 Fe 的态密度相比有较大变化的缘故。这也可能说明,类金属元素 (Si, B) 的加入对材料的电子结构及成键特性有较大的影响。

宁太山同志作了样品的 X 射线衍射测量,张文龙等同志作了样品的成分化学分析,作者谨向他们致以诚挚的谢意。

参 考 文 献

- [1] H. Fujimori, H. Morita, Y. Obi and S. Ohta, Amorphous Magnetism II, Proc. of the 2nd Int. Symposium on Amorphous Magnetism, Eds. R. A. Levy and R. Hasegawa, Plenum Press, New York, (1977), p. 393.
- [2] G. Mitita, T. Hatsuo and T. Toshikiko, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **17**(1978), 1877.
- [3] H. Q. Guo(郭慧群), B. G. Shen(沈保根), D. M. Lin(林德明), and S. T. Pan(潘孝硕), *J. Magn. Magn. Mat.*, **23**(1981), 156.
- [4] 郭慧群、沈保根、詹文山、潘孝硕, 金属学报, **19**(1983), A 53.
- [5] 郭慧群、沈保根、俞伯良、詹文山、潘孝硕, 金属学报, **20**(1984), B205.
- [6] A. Amamou and G. Krill, *Sol. State. Comm.*, **33**(1980), 1087.
- [7] H. Hasegawa and J. Kanamori, *J. Phys. Soc. Japan*, **33** (1972), 1607.
- [8] M. F. Collins and J. B. Forsyth, *Philos. Mag.*, **8**(1963), 401.
- [9] 菊地纪雄, 深道和明, 增本健, 日本金属学会会报, **20**(1981), 1004.

X-RAY PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY OF AMORPHOUS (Fe_{1-x}Co_x)₇₈Si_{9.5}B_{12.5} ALLOYS

GUO HUI-QUN ZHAN WEN-SHAN SHEN BAO-GEN ZHANG ZHI-YING
WHANG CHANG-HENG XIE KAN QI SHANG-XUE PAN XIAO-SHUO
(Institute of Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

The experimental results of X-ray photoelectron spectroscopy for amorphous (Fe_{1-x}Co_x)₇₈Si_{9.5}B_{12.5} alloys are reported. The Co-content dependence of the binding energy of the inner electrons in Fe, Co, Si and B element and the density of states at the Fermi surface in these alloys are presented.