

課題番号 : 2014A-E33
利用課題名 (日本語) : 磁気円二色性分光を用いた巨大磁気熱量磁性体の研究
Program Title (English) : X-ray magnetic circular dichroism study of giant magnetoaloric effect materials
利用者名(日本語) : 角田一樹¹⁾, 朱思源¹⁾, 谷口雅樹¹⁾, 竹田幸治²⁾, 斎藤祐児²⁾, 木村昭夫¹⁾
Username (English) : K. Sumida¹⁾, S. Zhu¹⁾, M. Taniguchi¹⁾, Y. Takeda²⁾, Y. Saitoh²⁾, A. Kimura¹⁾
所属名(日本語) : 1) 広島大学大学院理学研究科, 2) 日本原子力研究開発機構
Affiliation (English) : 1) Grad. Sc. Sci., Hiroshima Univ., 2) JAEA
キーワード : 強磁性形状記憶合金、巨大磁気熱量効果、アクチュエータ材料、内殻吸収磁気円二色性

1. 概要 (Summary)

強磁性形状記憶効果を示すホイスラー合金の典型例としては Ni_2MnGa が挙げられるが、単結晶であっても脆弱であるという欠点が存在する。これに代わる強磁性形状記憶合金として期待されるのが Ni_2FeGa であり、単結晶で延性を有する。我々は Ni_2FeGa に少量の Co をドーピングしキュリー温度を上昇させた、アクチュエータ材料として期待される Ni-Fe-Ga-Co のマルテンサイト機構を電子状態の立場から解明することを目的として研究を行っている。これまでに、 $\text{Ni}_{49.1}\text{Fe}_{17.5}\text{Ga}_{29.1}\text{Co}_{4.3}$ 薄膜においてフェルミエネルギー近傍のスペクトル形状がマルテンサイト変態に伴い大きく変化することが明らかとなっている。第一原理計算との比較から、フェルミエネルギー近傍では主に Ni 3d e_g や Fe 3d t_{2g} 状態の少数スピ電子が主に寄与していることが予想されることから、マルテンサイト変態にともなった、元素ごとの磁気モーメントの変化を捉えることを目的に実験を行った。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

Fe, Co and Ni L_{23} 内殻吸収端における XMCD 分光実験を MgO 基板上に成長した $\text{Ni}_{49.1}\text{Fe}_{17.5}\text{Ga}_{29.1}\text{Co}_{4.3}$ 薄膜について、SPring-8 BL23SU のツインヘリカルアンジュレータビームラインにて行った。測定温度は 300 K (オーステナイト相) と 50 K (マルテンサイト相) の 2 点に設定した。外部磁場は十分に磁化が飽和する ± 2 T を選んだ。スピンおよび軌道磁気モーメントを定量評価するために磁気光学総和則 (magneto-optical sum rule) を用いたが [1, 2]、その際 Fe, Co, Ni 3d 電子数をそれぞれ 6.61, 7.51, 8.55 と仮定した [3, 4]。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

300 K と 50 K の異なる温度にて $\text{Ni}_{49.1}\text{Fe}_{17.5}\text{Ga}_{29.1}\text{Co}_{4.3}$ 薄膜の XMCD スペクトル観測を行った。その結果 Fe, Co, Ni L_{23} 吸収端ですべてについて同符号の XMCD シグナルが観測されたことから、Fe, Ni, Co 3d スピン磁気モーメントが強磁性的に結合していることが分かった。300 K の時に比べ、50 K と低温になると、Fe, Ni 吸収端においては XMCD スペクトルの振幅が大きくなったが、Co 吸収端ではあまり顕著な変化は見られなかった。また特に興味深い結果として、50 K での有効スピン磁気モーメントが 300 K の時に比べ Fe 3d 電子では約 1.4 倍、Ni 3d 電子では約 2 倍増加しているという結果が得られた。また軌道磁気モーメントに至っては Fe や Co 3d 電子では 2 倍より小さいのに対し、Ni 3d 電子については 4 倍も大きくなっていることがわかった。有効スピン磁気モーメントの変化については第一原理計算でうまく説明できる。

4. その他・特記事項 (Others)

- [1] B.T. Thole et al., Phys. Rev. Lett. **68**, 1943 (1992).
- [2] P. Carra et al., Phys. Rev. Lett. **70**, 694 (1993).
- [3] J. T. Lau et al., Phys. Rev. Lett. **89**, 057201 (2002).
- [4] C.T. Chen et al., Phys. Rev. Lett. **75**, 152 (1995).