

## Mn-Pt/NiFe および Mn-Ir/NiFe 交換結合膜の交換異方性に関する研究

### Exchange anisotropy of Mn-Pt/NiFe and Mn-Ir/NiFe exchange bias films

大和 俊彦<sup>1</sup>, 久米 泰介<sup>1</sup>, 加藤 剛志<sup>1</sup>, 藤原 裕司<sup>2</sup>  
Toshihiko Yamato<sup>1</sup>, Taisuke Kume<sup>1</sup>, Takeshi Kato<sup>1</sup>, Yuji Fujiwara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学, <sup>2</sup>三重大学  
<sup>1</sup>Nagoya University, <sup>2</sup>Mie University

Mn-Ir 及び Mn-Pt 反強磁性層の NiFe 強磁性界面における Mn の MCD 測定を大型放射光施設 SPring-8 の BL25SU において行った。試料は Mn<sub>80</sub>Ir<sub>20</sub>、Mn<sub>89</sub>Pt<sub>11</sub>、Mn<sub>86</sub>Pt<sub>14</sub> 及び Mn<sub>80</sub>Pt<sub>20</sub> 反強磁性層の上に NiFe 強磁性層を 3nm 積層した(001)配向の単結晶膜である。この試料の Mn 及び Fe edge の MCD スペクトル測定を、膜面垂直方向に磁場ベクトルを向け、1Hz の偏光反転モードを用いて測定した。その結果 Mn-Ir、Mn-Pt 反強磁性層ともに Mn の MCD スペクトルが得られたことから、NiFe 界面近傍では Mn のモーメントは強磁性的に配列していることがわかった。また、NiFe/Mn-Pt<sub>2</sub> 層膜において Mn 組成が減少するに従い、Mn の MCD 強度が増加する傾向が見られた。

MCD spectra of uncompensated spins of Mn at interfaces between NiFe and Mn-based antiferromagnet were investigated. Mn-Ir and Mn-Pt samples were (001) oriented epitaxial bilayers, of which antiferromagnetic layer are Mn<sub>80</sub>Ir<sub>20</sub>, Mn<sub>89</sub>Pt<sub>11</sub>, Mn<sub>86</sub>Pt<sub>14</sub> and Mn<sub>80</sub>Pt<sub>20</sub>. MCD spectra at Mn and Fe L<sub>2,3</sub> edges were measured by switching a incident photon helicity at a rate of 1 Hz under a magnetic field applying perpendicular to film plane. It was found that Mn moments at interfaces between antiferromagnets and NiFe were ferromagnetically aligned for all the bilayers. And the intensity of MCD at Mn L<sub>2,3</sub> edges increased with decreasing Mn content for NiFe/Mn-Pt bilayers.

#### 背景と研究目的

強磁性/反強磁性界面の交換結合は HDD の GMR ヘッドですでに用いられており、面記録密度の飛躍的向上に大きく貢献している。さらに次世代の磁気デバイスとして注目されている MRAM のスピントンネル素子への応用も考えられている。GMR や MRAM のスピントンネル素子の性能向上において、反強磁性体の磁気異方

性の交換結合への寄与を調べ、交換結合の発生機構を解明することは必要不可欠である。しかし、反強磁性体はこれまで応用面で重要視されてこなかったため研究例が少なく、交換結合の発生機構に関する基礎知識も不足しているのが現状である。

これまで我々は反強磁性体として Mn-貴金属系、特に Pt 組成 10 数%付近の Mn-Pt 合金と

Mn<sub>80</sub>-Ir<sub>20</sub> 合金を用い、Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> 強磁性層との(001) 配向した交換結合膜を MBE 法により作成し、反強磁性層の結晶構造と反強磁性層に隣接した強磁性層の磁気異方性との関係について検討を行ってきた。その結果、強磁性層の磁化の容易方向は成膜時の磁界印加方向ではなく反強磁性層の結晶軸により決められることを明らかにした<sup>1)</sup>。ただし、Mn-Pt/NiFe では NiFe に 4 回対称の磁気異方性が誘導されているのに対し、Mn-Ir/NiFe ではそのような結晶配向性を反映する磁気異方性が見られないという異なった傾向が得られた<sup>2)</sup>。これは反強磁性層の磁気異方性が交換結合に大きな影響を与えているものと考えている。

本研究はこの Mn-Ir、Mn-Pt 反強磁性層の界面における Mn の MCD 測定を行うことにより、交換異方性の差異のメカニズムを解明することを目的とする。

## 実験

実験は BL25SU の永久磁石 MCD 装置を用いて行った。試料は MgO(001)単結晶基板上に MBE 法でエピタキシャル成長させた交換結合膜である。Cr、Ir(もしくは Pt)下地層を積層し、その上に反強磁性層として Mn<sub>80</sub>Ir<sub>20</sub>、Mn<sub>89</sub>Pt<sub>11</sub>、Mn<sub>86</sub>Pt<sub>14</sub>、Mn<sub>80</sub>Pt<sub>20</sub> を 30nm 成長させ、その上に Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> 強磁性層 3nm と隣接させた。すべての試料において反強磁性層、強磁性層は基板に対してエピタキシャル成長した(001)配向膜であり、反強磁性層は不規則相の面心立法構造をとっている。磁場ベクトルは試料の膜面に垂直方向であり、測定は 1Hz の偏光反転モードを採用した。

## 結果および考察

図 1 に Mn<sub>80</sub>Ir<sub>20</sub>/NiFe 交換結合膜の Mn L<sub>2,3</sub> 吸収

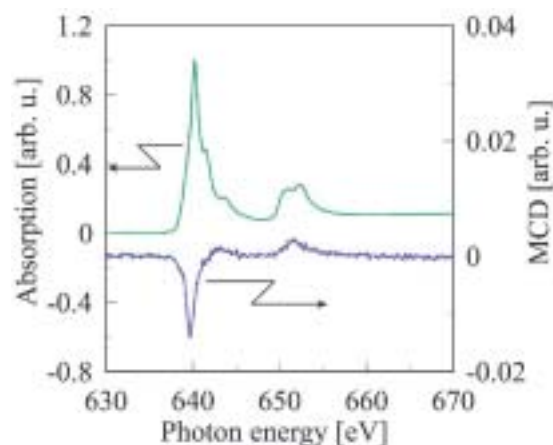


Fig. 1 Absorption and MCD spectra of Mn<sub>80</sub>Ir<sub>20</sub> / NiFe exchange bilayer.

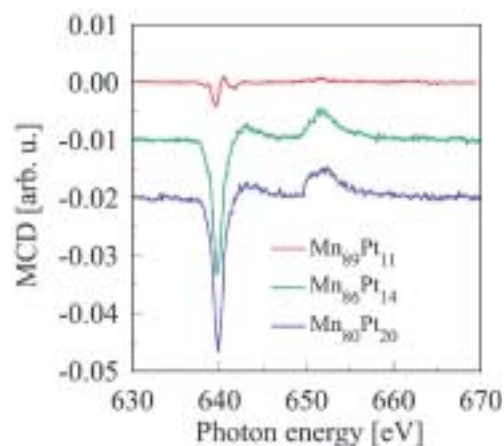


Fig. 2 MCD spectra of Mn for NiFe / Mn-Pt exchange bilayers.

端付近の吸収、MCD スペクトルを示す。また、図 2 に Mn-Pt 反強磁性層を用いた交換結合膜の MCD スペクトルを示す。Mn<sub>80</sub>Ir<sub>20</sub> 及び Mn-Pt は反強磁性層であり、全体として磁化を生じない。それにもかかわらずどの膜においても L<sub>2,3</sub> 端での MCD スペクトルが観測されていることがわかる。このことより NiFe 強磁性層との界面において Mn の磁気モーメントが強磁性的に配列していることが確認できた。さらに Mn の磁気モーメントはすべての膜において Fe の磁気モーメントと平行であることが確認できた。また、Mn<sub>89</sub>Pt<sub>11</sub> の Mn edge の MCD スペクトルでは L<sub>3</sub> edge において分散型の形状が得られ、Mn<sub>80</sub>Ir<sub>20</sub> や

Table I  $\langle L_z \rangle / 2 \langle S_z \rangle$  of Mn and Fe for bilayers estimated from XMCD spectra at Mn and Fe  $L_{2,3}$  regions.

	Mn $\langle L_z \rangle / 2 \langle S_z \rangle$	Fe $\langle L_z \rangle / 2 \langle S_z \rangle$
NiFe/Mn <sub>80</sub> Ir <sub>20</sub>	0.08	0.03
NiFe/Mn <sub>89</sub> Pt <sub>11</sub>	0.07	0.03
NiFe/Mn <sub>86</sub> Pt <sub>14</sub>	0.02	0.04
NiFe/Mn <sub>80</sub> Pt <sub>20</sub>	0.04	0.03

他の Mn-Pt の場合と異なる形状を示した。また、図 2 に示すように Mn-Pt においては Mn 組成が少なくなるに従い、MCD 強度が強くなる傾向が見られた。4 回対称の磁気異方性は Mn 組成が少なくなるに従い小さくなっていることから<sup>2)</sup>、Mn-Pt においては MCD 強度と 4 回対称の磁気異方性の大きさに相関があるという結果を得た。

表 1 にそれぞれの膜の MCD スペクトルから計算した Mn 及び Fe の  $\langle L_z \rangle / 2 \langle S_z \rangle$  の値を示す。Mn、Fe とともに組成及び材料の依存性は見られず同じオーダーの値であり、NiFe/Mn-Pt において見られた 4 回対称の磁気異方性の大きさ<sup>2)</sup>の違いを反映するような違いは見られなかった。

## 今後の課題

今回 Mn edge の MCD 測定が可能であることが確認できた。Mn-Ir 及び Mn-Pt を用いた交換結合膜は膜面内に大きな磁気異方性を示す膜である

ため、膜面内に磁界をかけた状態での Mn edge の MCD 測定を試み、両者の 4 回対称の磁気異方性の大きさの差異のメカニズムを解明する。

## 参考文献

- 1) T. Kume *et. al.*, IEEE Trans. Magn., **38**(5), 2785 (2002)
- 2) T. Kume *et. al.*, J. Appl. Phys., **93**(10), 6599 (2003)