

金属-フッ化物系ナノグラニューラー膜の巨大ファラデー効果

小林伸聖, 池田賢司, Bo Gu*, 高橋三郎**, 増本博***, 前川禎通****
(電磁研, *中国科学院大学, **東北大金研, ***東北大学学際研, ****理研)

Giant Faraday effect of metal-fluoride nanogranular films

N. Kobayashi, K. Ikeda, B. Gu*, H. Masumoto**, S. Takahashi***, and S. Maekawa****
(DENJIKEN, *UCAS, **FRIS Tohoku Univ., ***IMR Tohoku Univ., ****RIKEN)

はじめに: ファラデー効果を有する材料は、光アイソレーターに用いられ、光通信などの磁気光学素子として高度情報化社会に欠かせないものとなっている。我々は、強磁性金属とフッ化物から成るナノグラニューラー膜に関し、光透過性を有し且つ強(フェロ)磁性を同時に有する薄膜材料を見出した。光に対して透明な磁性体であることから、そのファラデー効果に興味をわくが、非常に大きいファラデー回転角を示す事が明らかとなった²⁾。本報告では、FeCo-(Al,Y)-F ナノグラニューラー膜に関し、膜組成とファラデー効果の関係、および巨大ファラデー効果のメカニズムについて検討した結果を報告する。

実験方法: 薄膜試料は、高周波スパッタ装置を用い、タンデム法によって作製した。ターゲットはFeCo合金円板(75mmφ)と、AlF₃およびYF₃粉末焼結円板(75mmφ)を用いた。膜組成は、波長分散型分光分析法(WDS)を用いて分析し、構造解析は、高分解能透過電子顕微鏡(HRTEM)によって行った。膜の光透過率は、フーリエ変換赤外分光法(FTIR)を用いて測定した。また、磁化曲線は、振動試料磁力計(VSM)を用いて測定し、ファラデー回転角は、6波長光源ファラデー効果測定装置(NEOARK BH-600LD2M)を用いて評価した。尚、各測定は室温で行った。

結果: Fig.1には、Fe₂₁Co₁₄Y₂₄F₄₁、Fe₂₅Y₂₃F₅₂およびFe₁₃Co₁₀Al₂₂F₅₅ ナノグラニューラー膜のファラデー回転角の波長依存性を示す。これらの膜のファラデー回転角の値は、いずれもBi-YIGに比して非常に大きく、特にFe₂₁Co₁₄Y₂₄F₄₁膜の光通信帯域の波長(1550nm)でのファラデー回転角は、Bi-YIGの約40倍もの大きな値を示す。Table 1には、ナノグラニューラー構造におけるグラニューラーとマトリックスの界面を想定し、グラニューラーを構成する界面付近の磁性元素(Fe)の磁気モーメントを、第一原理計算によって求めた結果である。界面付近のFeの軌道モーメントが大きくなっており、このことがナノグラニューラー膜の巨大ファラデー効果の要因となっていると考えられる。

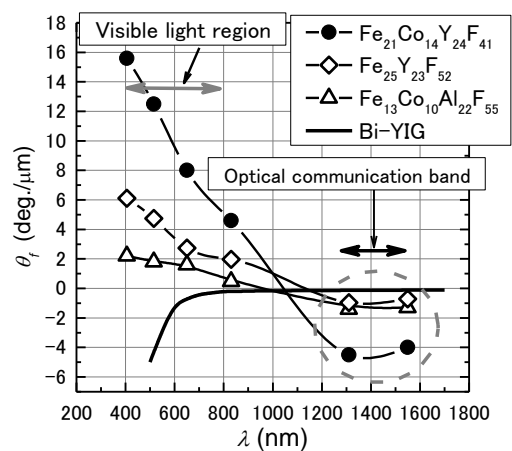


Fig.1 Relationship between the wavelength of incident light and the Faraday rotation angle of Fe₂₁Co₁₄Y₂₄F₄₁, Fe₂₅Y₂₃F₅₂ and Fe₁₃Co₁₀Al₂₂F₅₅ films. The films were deposited on substrates of 600°C, 550°C and 680°C. At these temperatures. The value of Bi-YIG, is also indicated.

参考文献

- 1) N. Kobayashi, K. Ikeda, Bo Gu, S. Takahashi, H. Masumoto, and S. Maekawa, 8, 4978 (2018)
- 2) N. Kobayashi, H. Masumoto, S. Takahashi, and S. Maekawa, Scientific Reports, 6, 34227, (2016)

Systems	Occupation n_d	Spin S^z (μ_B)	Orbit L^z (μ_B)
Fe-bcc bulk	5.96	2.27	0.041
Fe (001) surface	5.95	2.96	0.091
Fe-2ML (monolayer)	6.02	2.93	0.076
Fe/AlF ₃ interface	6.07	2.12	0.142
Fe/YF ₃ interface	5.53	3.22	0.065

Table 1. For 3d orbitals of the Fe atom, density functional theory calculation results of occupation number nd , spin moment S^z , and orbital moment L^z in Fe-bcc bulk, Fe(001) surface, Fe-2ML with ML being the monolayer, and Fe/insulator interfaces with insulators being AlF₃ and YF₃.