

透明-強磁性ナノグラニューラー膜の巨大ファラデー効果

Optically transparent ferromagnetic nanogranular films
with giant Faraday effect

小林 伸聖 池田 賢司 荒井 賢一

Nobukiyo KOBAYASHI Kenji IKEDA and Ken-Ichi ARAI

公益財団法人 電磁材料研究所

概要

ナノグラニューラー膜は、セラミックスから成るマトリックス中にナノメートルサイズの磁性金属粒子(ナノグラニューラー)がほぼ均一に分散した微細な構造を有し、その膜構造に起因する量子サイズ効果によって、新しい原理に基づくユニークかつ多様な機能性を発揮する。近年、我々は、マトリックスにフッ化物を用いたナノグラニューラー膜において透光性と同時に強磁性を示す、透明強磁性材料の開発に成功した。誘電性を示すほどにナノグラニューラーの数密度が低い場合は、マトリックスのフッ化物等のセラミックスが良好な光透過性を有するため、膜は光に対して透明となり、同時にナノグラニューラーに伴う磁性を併せ持つ透明磁性体となる。透明な磁性体であれば、当然そのファラデー効果に興味を持たれる。我々は、(Fe, FeCo)-(Al-F, Y-F)ナノグラニューラー膜が非常に大きなファラデー効果を示すことを明らかにした。特に光通信に用いられる波長(1550nm)における $\text{Fe}_{21}\text{Co}_{14}\text{Y}_{24}\text{F}_{41}$ 膜のファラデー回転角は、Bi-YIG の約 40 倍の非常に大きな値を示す。この巨大ファラデー効果は、ナノグラニューラー構造における、磁性グラニューラーとマトリックスの界面における、グラニューラーを構成する磁性元素の軌道磁気モーメントの増大に起因すると考えられる。



図 1 光透過性を有する $\text{Fe}_9\text{Co}_5\text{Al}_{19}\text{F}_{67}$ ナノグラニューラー膜

材料	ファラデー回転角 θ_1 (deg./ μm)	
	波長 $\lambda=650\text{nm}$	波長 $\lambda=1550\text{nm}$
$\text{Fe}_{26}\text{Al}_{28}\text{F}_{46}$	2.9	-0.53
$\text{Fe}_{13}\text{Co}_{10}\text{Al}_{22}\text{F}_{55}$	1.6	-1.3
$\text{Fe}_{25}\text{Y}_{23}\text{F}_{52}$	2.7	-0.71
$\text{Fe}_{21}\text{Co}_{14}\text{Y}_{24}\text{F}_{41}$	8.0	-4.0
Bi-YIG	-0.6	-0.11

表 1 ナノグラニューラー膜と実用材料(Bi-YIG)のファラデー回転角

Abstract

Here we present nanogranular films exhibiting ferromagnetic properties with high optical transparency in the visible light region. These films have a nanocomposite structure, in which nanometer-sized (Fe, Fe-Co) ferromagnetic granules are dispersed in fluoride ceramics matrix. These films exhibit giant Faraday effect 40 times larger than Bi-YIG. The giant Faraday effect caused by the enhancement of the orbital magnetic moments of magnetic elements constituting the granules.