

Al ナノシリンダーアレイによる Fe 薄膜の磁気光学効果の増強 Enhanced magneto-optical effect of Fe thin layer on Al nanocylinder array

京大院 工[○](M1)厚味 泰輔、村井 俊介、藤田 晃司、田中 勝久

Kyoto U, [○]Taisuke Atsumi, Shunsuke Murai, Koji Fujita and Katsuhisa Tanaka

E-mail: tanaka@dipole7.kuic.kyoto-u.ac.jp

【緒言】回折格子など金属からなる周期ナノ構造（プラズモニックアレイ）において、表面プラズモンポラリトン(SPP)と光回折が同時に励起される条件が存在する。この同時励起状態は協同プラズモニックモードと呼ばれ、光回折を介して SPP がアレイ平面に広がるため、光のエネルギーをアレイ面内に集中させることが可能である^[1]。周期ナノ構造と蛍光体を組み合わせた系において、協同プラズモニックモードを利用した発光増強^[2]など多くの報告例がある。他方、アレイと磁性体を組み合わせた系による磁気光学効果の制御は Au ナノ粒子アレイと Bi 添加イットリウム鉄ガーネット(Bi:YIG)薄膜の系で近年報告がなされ、周期による増強波長の制御など魅力的な特性が示されているものの^[3]、報告例が限られており、プラズモニック材料と磁性体の選択でさらなる機能開拓が期待できる状況である。本研究では、可視域の短波長領域において SPP が生じる Al ナノシリンダーアレイに強磁性体である Fe を蒸着し、SPP および協同モードの励起波長域におけるファラデー回転の増強を試みた。また高屈折率非プラズモニック材料である Si および SiO₂ からなるナノシリンダーアレイを用いた比較実験を行い、ファラデー回転の増強への SPP の寄与を考察した。

【実験】SiO₂ ガラス基板上に作製した Al 薄膜に対してナノインプリントおよび反応性イオンエッチングを施し、Al ナノシリンダーアレイを作製した。アレイ上に電子線蒸着により Fe 薄膜を蒸着し（厚さ 7.5 および 15 nm）、透過率を紫外可視分光計を用いて、また、入射光の偏光面の回転をファラデー効果測定装置（日本分光、K250）にて測定した。構造由来の複屈折の効果を差し引くため、ファラデー回転は磁場の存在下（15 kOe）と磁場のない場合（0 kOe）での回転角の差として評価した。また、有限要素法を用いたシミュレーション（COMSOL）により、電場ならびに磁場の分布を見積もった。さらに、SPP を示さない Si および SiO₂ のナノシリンダーアレイに対して同様の実験を行った。

【結果】Fig.1 は試料の走査型電子顕微鏡（SEM）観察の結果であり、Fe 薄膜の蒸着後、Al ナノシリンダーの側面への Fe の付着が観察された。Al ナノシリンダーアレイ上へ蒸着した Fe 薄膜は、平坦な基板上に作製した Fe 薄膜よりも大きなファラデー回転角を示した[Fig.2]。特に SPP と協同モードの励起に対応した波長 408 nm と 513 nm 付近において回転角の増強が大きく見られた。Si アレイおよび SiO₂ アレイに Fe を蒸着し

た試料ではファラデー回転の顕著な増強は現れず[Fig.2]、増強には SPP が関わっていると考えられる。SiO₂ ナノシリンダーアレイに Fe を蒸着させた場合に比べて、Al ナノシリンダーアレイでは最大で15倍程度の回転角が得られた[Fig. 3]。

【参考文献】

- [1] W. Wang *et al.*, Materials Today 21 (2018) 303.
- [2] G. Lozano *et al.*, Light: Sci. Appl. 2 (2013) e66.
- [3] A. V. Baryshev *et al.*, J. Opt. Soc. Am. B 33 (2016) 1399.

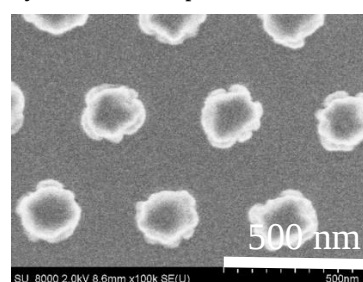


Fig 1 SEM top-view image of the Al nanocylinder array after deposition of 15 nm-thick Fe thin film.

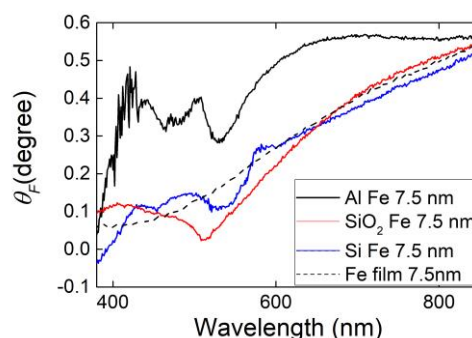


Figure 2 Wavelength dependence of Faraday rotation angle (θ_F) for Fe thin films, the thickness of which is 7.5 nm, deposited on Al nanocylinder array. Dashed line shows θ_F of Fe flat film (the thickness is 7.5 nm).

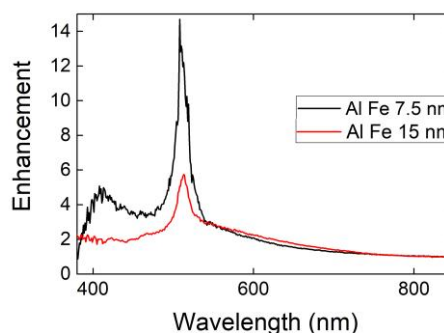


Figure 3 Enhanced Faraday rotation angle of Fe thin films (thickness: 7.5 and 15 nm) deposited on Al nanocylinder array. The enhancement was evaluated by dividing θ_F for the Fe thin films on the Al nanocylinder arrays by that of the Fe thin film deposited on SiO₂ nanocylinder array.