帯電微粒子の自己配列を用いたフレキシブル基板上への局在プラズモン構造色発現

Plasmonic structural coloration on a flexible substrate with self-assembled templates formed by charged nanoparticle

神戸大院工 [1]，情報通信研究機構 [2]，○志賀　隆之 [1]，青木　画奈 [2]，藤井　稔 [1]
Kobe Univ.[1], NICT[2]
○Takayuki Shiga[1], Kanna Aoki[2], Minoru Fujii[1]
E-mail: kanna.aoki@nict.go.jp

[はじめに] 金属ナノ構造による局在プラズモン [1] や、誘電体ナノ構造によるミー散乱 [2] を利用した構造色は色素と異なり半永久的に褪色しないという特徴があり、次世代の着色技術として近年注目されている。これらの物理現象で発現した構造色は光の回折限界を越えた発色が可能で、偽造防止技術としての応用が見込まれる。しかし、高精細かつ正確なナノ構造の作製には電子線リソグラフィなどの微細加工装置が必要で、大面積加工には不向きな技術であるが故に肉眼で見える大きさの構造色発現は難しい。そこで、当研究室では短時間で大面積にプラズモン構造色を発現可能な技術を開発した。微細構造の作製には、同符号の電荷を持つ帯電微粒子が、水中で静電反発力によって自発的に三角格子状に配列する性質を利用する。得られた粒子配列にアルミニウム (Al) を蒸着すると Al 微細凹凸構造が自ずと形成され、この構造から構造色が発現する。これまでは、この技術をガラス基板でしか実証していなかった。そこで本研究ではガラスよりも柔軟で、産業用途が多いプラスチック基板上への構造色発現を目的とする。

[実験] 粒径 ϕ300, 400, 500 nm のアミジン修飾ポリスチレン微粒子分散液を用いて、ポリエチレンテレフタレート (polyethylene terephthalate, PET) 基板上に三角格子状の微粒子配列を形成した。これに Al を膜厚 100 nm 蒸着し、Al 微細凹凸構造を形成した。構造の観察には走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope, SEM) を用いた。反射スペクトルは分光測色計 (CM-512m3, コニカミノルタ) を用いて試料表面に対して法線方向 (0°) から 25°, 45°, 75°の角度から標準光源を照射し、0°から反射光を測定した (Fig.1 (a))。構造色が発現した PET 基板をラミネートフィルムで保護した後、摩耗・曲げ変形に対する耐性を確認した。

[結果] 試料に 45°の角度から標準光源を照射した場合、粒径が大きいほど反射スペクトルのピーク波長が長波長シフトした (Fig.2 (b))。これは干渉の寄与が大きいためと考えられる。局在プラズモンと干渉の寄与を分割して理解するため、現在数値計算による解析をおこなっている。ラミネートフィルムで保護した試料は、円曲変形 (曲率半径 2.0 cm) させても構造色を維持した (Fig.2)。

[謝辞] 本研究は、科研費挑戦的萌芽（16K14419)、平成 29 年度大阪市イノベーション創出支援補助金、平成 29 年度 JST 地域産学プログラムの助成を受けた。

[文献] 1. *Nano Lett.*, 2016, 5, 3166-3172,　2. *ACS Nano.*, 2017, 11, 4419−4427

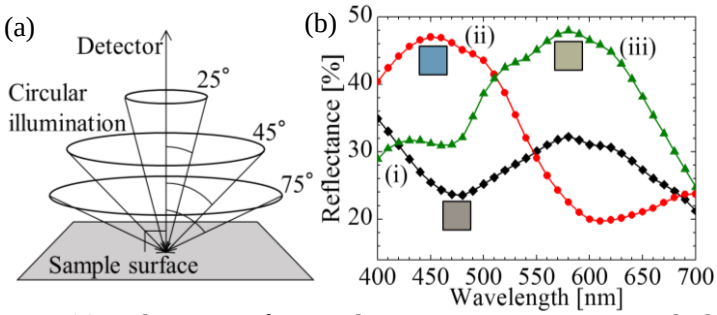

Fig.1. (a) Schematic of optical measurement system and (b) Reflection spectra of samples fabricated with sphere diameters (i) ϕ 300 nm, (ii) 400 nm, and (iii) 500 nm. Incident angle = 45°

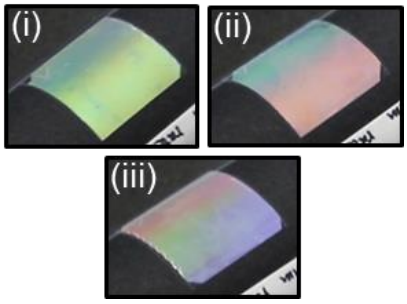

Fig 2. Optical images of rolled samples in Fig.1 at a curvature radius of 2.0 cm.