

Mie 共鳴により発色するシリコンナノ粒子インク

Mie-Resonant Silicon Nanoparticles for Color Inks

神戸大院工 °岡崎 拓真, 杉本 泰, 藤井 稔

Kobe Univ., °Takuma Okazaki, Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii

E-mail: sugimoto@eedept.kobe-u.ac.jp

金属ナノ構造の局在プラズモン共鳴による光吸収を利用した構造色技術が精力的に研究されている。一方で、高屈折率誘電体ナノ構造は、電気・磁気双極子共鳴によるサイズと屈折率に依存した光散乱を示し、新たな発色技術として注目されている。特にシリコン (Si) は高屈折率且つ低損失な材料であり、微細加工技術で形成された Si ナノ構造において、Mie 共鳴を利用した彩度の高い発色が報告されている[1]。我々は、Mie 共鳴による発色原理に基づき、多様な基材に大面積に発色させることが可能な材料形態として、ナノ粒子インクに注目している。当グループでは最近、水やアルコールなどに安定して分散する Si ナノ粒子を開発した[2]。本材料は図 1(a)に示すように、直径 150 nm 程度の結晶 Si の真球ナノ粒子であり、単一の散乱特性では理想的な Mie 共振器として作用することを示している。粒径制御により可視光全域で構造色を実現することが可能である一方、ナノ粒子集合体の粒径分布の広がりには彩度を低下させる要因になる。そのため、溶液状態では光照射下でも鮮やかな発色は見られない。本研究では、コロイド Si ナノ粒子の平均粒径制御とサイズ分布抑制を同時に実現する技術を開発し、インク状態およびナノ粒子塗布基板の可視域での発色を実証する。

平均粒径 140 ± 30 nm の Si ナノ粒子を作製し[2]、ステップ勾配遠心法により粒径分布を抑制しながら平均粒径を広範囲に制御する。具体的には、メタノール中に分散した Si ナノ粒子インクを濃度制御したスクロース水溶液の上に重層し、遠心分離後に上部から溶液を分取し、F1~F8 の試料溶液を得る。図 2(a)に光照射下の溶液の写真を示す。暗室にて溶液下部から白色光を照射し、正面から撮影した。F1~F8 において、青から黄色の範囲で異なる散乱色を持つ Si ナノ粒子インクの作製に成功した。平均粒径 65~160 nm で制御されていることを確認した。さらに、粒径分布は全ての試料において 10-20% であり、粒径分布の抑制に成功した。より定量的な発色の評価のため、図 2(b)に F1~8 の溶液の拡散反射スペクトルを示す。Mie 共鳴による散乱ピークがみられ、ピーク波長が紫外~600 nm の範囲で制御されている。講演では、以上に加え、詳細な粒径分布と色度の関係、発色の角度依存性およびインクの浸漬による基板の染色について報告する。[1] J. Proust, *et al.*, *ACS Nano* 10, 7761 (2016) [2] H. Sugimoto, *et al.*, *Advanced Optical Materials* 5, 1700332 (2017)

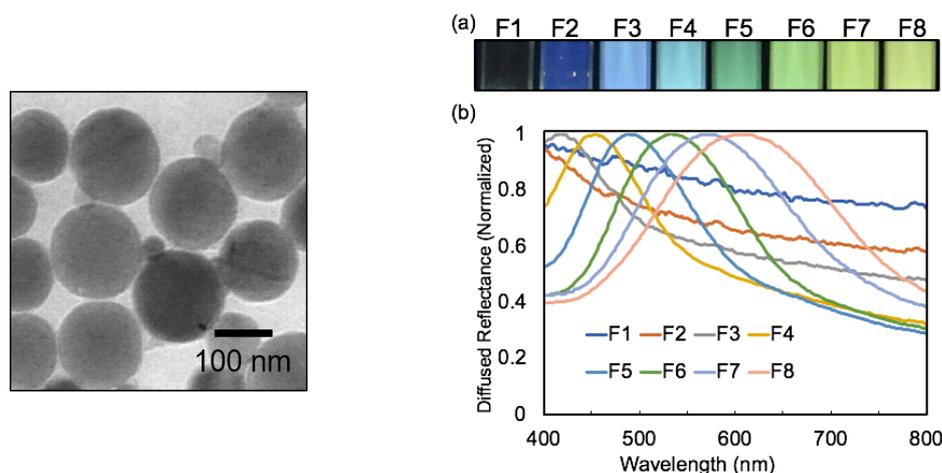


Figure 1. TEM image of colloidal Si nanoparticles

Figure 2. a) Photos of Si nanoparticle inks after size-purification illuminated by white light from the bottom. b) Measured diffused reflectance spectra