金ナノ粒子の光散乱と薄膜干渉に基づく多色プラズモニックカラーリング

Multicolor Plasmonic Coloring Based on Light Scattering by Au Nanoparticles and Optical Interference

東大生研 [1]　○西 弘泰 [1]，立間 徹 [1]

Institute of Industrial Science, The Univ. of Tokyo, ○Hiroyasu Nishi, Tetsu Tatsuma

E-mail: nishi-h@iis.u-tokyo.ac.jp

【緒言】金属ナノ粒子は、局在表面プラズモン共鳴（LSPR）により粒子のサイズや形状、粒子間距離に依存した様々な色を呈することから、古くから着色材として用いられている。近年では電子線リソグラフィーによって様々な金属の規則構造が作製され、異常透過や、回折と LSPR のカップリングなどに基づく透過色および反射色の制御が多数報告されている。一方、当研究室では、これまでに報告例の少ない散乱光の制御に着目し、銀ナノキューブを酸化チタン基板上にランダムに担持することで、カラールーター[1]、異方性散乱膜[2]、透明映写スクリーン[3]等を開発してきた。実際の応用を考えると、より光安定性の高い金ナノ粒子で代替することが望ましいが、金ナノ粒子は LSPR によって青色光を散乱しないため、フルカラー化や映写スクリーンへの応用には不向きである。本研究では薄膜干渉を利用することで、金ナノ粒子による、青色を含む多色散乱を実現し、透明映写スクリーンへも応用した。

【実験および結果と考察】種々の厚さの酸化チタン薄膜を、厚さ 150 nm の ITO 基板上に製膜した。サイズ約 150 nm の、主に(111)面と(100)面からなる多面体金ナノ粒子を合成し、酸化チタン薄膜上に担持した。この基板に、上面から白色光を照射したときの後方散乱の様子を図 1a に示す。同じ粒子を担持したにも関わらず、酸化チタン膜厚に依存して、青色を含む様々な散乱色を示した。室内光下ではほぼ透明であった。膜厚の変化に伴い散乱波長が周期的に変化すること、入射角または検出角が大きい時と基板の裏側を観察した時は多色性が見られないことなどから、薄膜干渉が関与するとみられる。酸化チタン上の金ナノ粒子は、青色域で Mie 散乱、緑色域で全表面モード LSPR による散乱、赤色域で界面モード LSPR による散乱を示す。酸化チタン膜厚に応じた干渉により、いずれかの散乱光が強調され、他が抑制されることにより発色すると考えられる。これらの結果を踏まえ、酸化チタン膜厚と金ナノ粒子のサイズを制御し、可視域全般で強い光散乱を示す透明映写スクリーンを試作した。室内光下ではほぼ透明だが（図 1b）、プロジェクターによりフルカラー画像を映写できた（図 1c）。

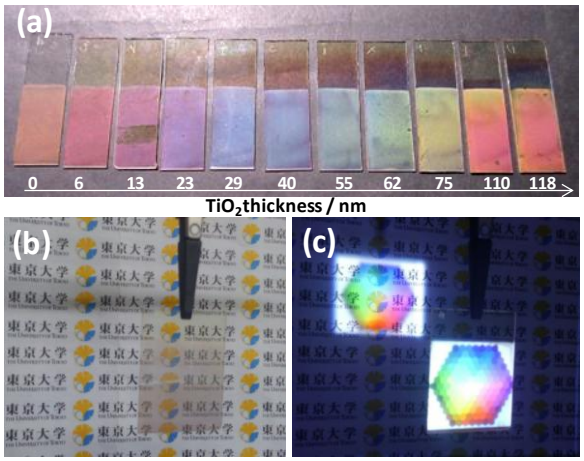

Figure 1. (a) Multicolor scattering from Au nanoparticles deposited on TiO_2 with different thickness. A transparent projection screen composed of Au nanoparticles and TiO_2/ITO thin layers (b) under room light or (c) during image projection.

【参考文献】[1] K. Saito and T. Tatsuma, *Adv. Opt. Mater.* **3**, 883 (2015). [2] K. Saito and T. Tatsuma, *ACS Photonics* **3**, 1782 (2016). [3] K. Saito and T. Tatsuma, *Nanoscale* **7**, 20365 (2015).

© 2018年 応用物理学会