

# 銀ナノキューブのプラズモン共鳴を用いた透明映写スクリーン

## Transparent projection screen based on plasmonic silver nanocubes

○齋藤 滉一郎、立間 徹 (東大生研)

○Koichiro Saito, Tetsu Tatsuma (Institute of Industrial Science, University of Tokyo)

E-mail: saito@iis.u-tokyo.ac.jp; URL: <http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/~tatsuma/>

**【諸言】** ほぼ透明ながらも、プロジェクターなどによる映写が可能な透明スクリーンは、カーナビ情報をフロントガラスに表示するヘッドアップディスプレイやショーウィンドウなどに利用できる。局在表面プラズモン共鳴(LSPR)により光散乱を示す金属ナノ粒子の利用も検討されているが<sup>[1]</sup>、青色を散乱しにくい傾向がある。我々は銀ナノキューブを高屈折率の膜に載せることで可視全域の散乱を制御し、1種類の概ね単分散な粒子を用いた透明映写スクリーンを開発した。

**【実験】** 有限差分時間領域(FDTD)法を用いて、適切な粒子サイズ、基板の種類について検討した。計算結果に基づいて実際に透明スクリーンを作製し、画像投影の実証実験を行った。

**【結果】** 銀ナノキューブをガラス基板に担持すると、その散乱ピークは LSPR の電場振動が基板から遠い上部の面に局在化する distal モードと、基板との界面付近に局在化する proximal モードに分離する<sup>[2]</sup>。高屈折率の酸化チタンに担持すれば、両モードはより明確に分離し<sup>[3]</sup>、特に粒子が担持されている表側から光照射すると、入射光と酸化チタン表面での反射光との干渉により、distal mode による青色光の散乱が強くなる<sup>[4]</sup>。プロジェクターの青色光は一般に 450 nm 程度であり、FDTD 計算によれば銀ナノキューブのサイズを一辺 100 nm とすると散乱ピークが 440 nm 付近になるため、このサイズのキューブを用いた。一方、proximal mode による長波長側の光散乱強度は、酸化チタンの膜厚に応じて変化する。膜をほぼ無色とし、かつフルカラーで映写するために、青色散乱光とのバランスを考慮して膜厚は 80 nm とした。その結果、Figure 1 に示すように可視全域で光を散乱し、比視感度の弱い青色波長域で強い散乱をもつ基板を作製できた。Figure 2 に示すように、ほぼ透明でありながらフルカラーでの映写が可能であった。

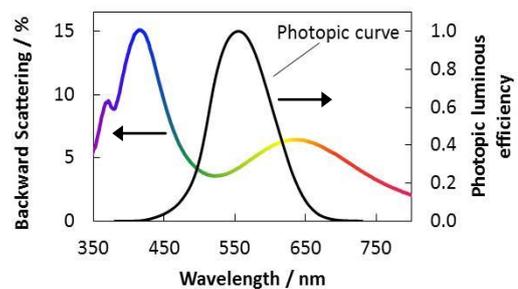


Figure 1. Scattering spectrum of Ag nanocubes on a  $\text{TiO}_2$  film and the photopic curve.

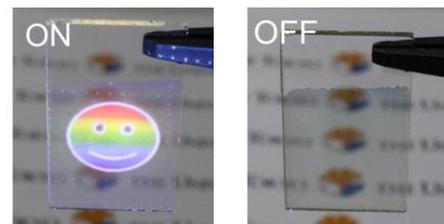


Figure 2. The transparent projection screen with (left) or without (right) a projected smile image.

[1] C. W. Hsu, B. Zhen, W. Qiu, O. Shapira, B. G. DeLacy, J. D. Joannopoulos, M. Soljačić, *Nat. Commun.* **5**:3152 doi: 10.1038/ncomms4152 (2014)

[2] E. Ringe, J. M. McMahon, K. Sohn, C. Cobley, Y. Xia, J. Huang, G. C. Schatz, L. D. Marks, and R. P. Van Duyne, *J. Phys. Chem. C*, **114**, 12511 (2010).

[3] I. Tanabe and T. Tatsuma, *Nano Lett.*, **12**, 5418 (2012).

[4] K. Saito and T. Tatsuma, *Adv. Opt. Mater.*, in press (2015)