

メタサーフェスによるプラズモニックブラックの設計

Design of Plasmonic Black by Metasurface

大日本印刷¹, 阪大工², 阪大フォトニクスセ³○上羽 陽介¹, 高野倉 知枝¹, 北村 満¹, 高原 淳一^{2,3}Dai Nippon Printing Co., Ltd.¹, Osaka Univ.², PARC³○Yosuke Ueba¹, Tomoe Takanokura¹, Mitsuru Kitamura¹, and Junichi Takahara^{2,3}

E-mail: Ueba-Y@mail.dnp.co.jp

形状と材料の工夫で、顔料等インクでは再現が難しい、より彩度と明度の低い黒色を出す方法がある。例えば極楽鳥の羽根[1]やカーボンナノチューブを垂直配向したシート[2]のような、吸収が大きい材料の凹凸構造で、光を複数回反射させる方法である。[2]の例は(彩度 C^* , 明度 L^*) = (1.1, 1.3)まで抑えられているが、色は無彩色に限定される。

一方、プラズモン共鳴を誘起し吸収するメタサーフェスを用いる方法は、有彩色と無彩色、両方の表現が可能である。例えば[3]では Fig. 1 に示す構造で(C^* , L^*) = (24.3, 44.1)の色を、また[4]では金属ホール/誘電体ピラー/金属ピラーの集積構造によっておよそ(C^* , L^*) = (7.3, 33.7)の色を出している。これら構造色は反射スペクトルを全体的に抑える設計がされており、人が感じる「黒さ」に対して最適ではない。

今回我々は、人間の目に、より黒く見えるような明度と彩度の低い色を出すために、等色関数を重みとして設計した。等色関数とは、人の網膜にある三種の視細胞が、それぞれ刺激とし

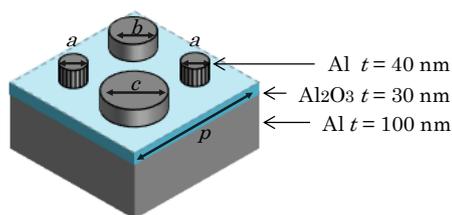


Figure 1. Schematic of the unit cell for the plasmonic black element.

て感じる光の応答量の波長依存性である。Fig. 1 に示すメタサーフェス構造の画素ピッチ p と金属ディスク直径 a , b , c を設計パラメータとして、RCWA (Rigorous Coupled-Wave Analysis) 法による光学シミュレーションで垂直入射半球反射率スペクトルを計算した。その結果、Fig. 2 に示す(C^* , L^*) = (1.1, 21.3)となる、[3,4]と比較して視覚的に黒い構造を得ることに成功した。

参考文献:

- [1] D. E. McCoy *et al.*, Nat. Commun. **9**, 1 (2018).
 [2] Surrey NanoSystems 社, <https://www.surreynanosystems.com/vantablack/science-of-vantablack>, (参照 2018-6-18).
 [3] M. Miyata *et al.*, Nano Lett. **16**, 5, 3166-3172 (2016).
 [4] R. Mudachathi and T. Tanaka, Sci. Rep. **7**, 1199 (2017).

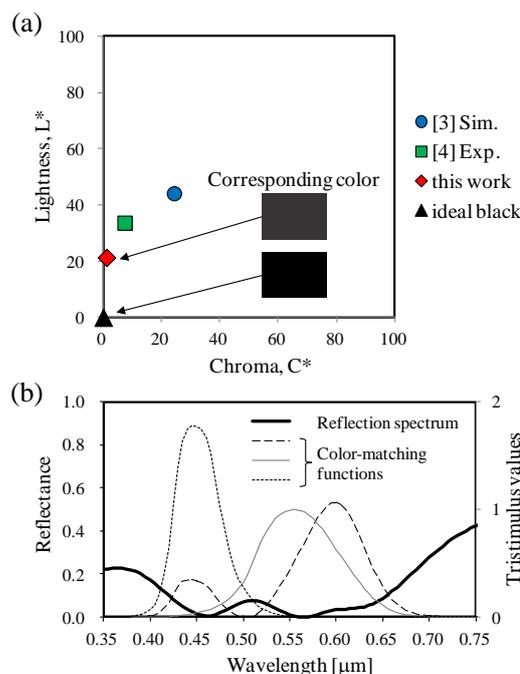


Figure 2. Simulated results of (a) tone, (b) reflection spectrum and color-matching functions. (a , b , c , p) = (70, 100, 120, 381).