

水素アニール法で製作された Si ナノ微小球を用いた 誘電体光メタマテリアル

Dielectric Optical Metamaterials Using Silicon Nanospheres Fabricated by Hydrogen Annealing

東北大工¹, °金森 義明¹, 岡谷 泰佑¹, 阿部 洋輔¹, 羽根 一博¹

Tohoku Univ.¹, °Yoshiaki Kanamori¹, Taiyu Okatani¹, Yosuke Abe¹, Kazuhiro Hane¹

E-mail: ykanamori@tohoku.ac.jp

メタマテリアルは、バルク材料に存在しない独特の光学応答を示す新しい人工光学物質として注目されている。金属物質で構成されるメタマテリアルは可視光領域でオーム損失が大きくなることから、高誘電体の Si ナノ微小球で構成される誘電体光メタマテリアルが新たに提案されている。これまで報告されたレーザーアブレーション法による Si ナノ微小球の製作は、位置決め及び粒径制御が困難¹⁾、Si のような不透明な半導体基板上に Si ナノ微小球を形成することが困難²⁾、といった問題がある。Si ナノ凹凸構造の平滑化処理技術として水素アニール法が開発されており³⁾、矩形断面構造を円形断面構造に変形させることができる。当研究グループでは、電子ビーム (EB) 描画と水素アニール法を用いて直径 100~200 nm の Si ナノ微小球を任意の場所及び直径で製作する技術を開発した⁴⁾。本稿では、水素アニール法で製作された Si ナノ微小球を用いた誘電体光メタマテリアルの特性を報告する。

製作は、厚さ 100 nm の Si 層を持つ Silicon-on-quartz 基板を用いた。まず、EB 描画により形成されたレジストパターンをマスクにして、高速原子線エッチング (使用ガス: SF₆) を用いて Si 層をエッチングすることで、Si 円筒構造を石英上に形成する。その後、フッ化水素酸に基板を浸すことにより Si 円筒構造下部の石英を部分的にエッチングする。最後に、水素アニール処理を行うことで円筒構造を球状構造に変形させ、Si ナノ微小球を石英上に製作する。Fig. 1 は、周期 800 nm で二次元配列した Si ナノ微小球の走査電子顕微鏡 (SEM) 画像を示しており、設計した周期で Si ナノ微小球を形成できたことを示している。周期 500 nm で二次元配置させることにも成功した。Fig. 2 は、(a) 114、(b) 158、(c) 200 nm の直径を有する Si ナノ微小球からの散乱光の暗視野顕微鏡像を示しており、それぞれ青、緑、赤色の散乱光が観測された。理論計算と同様、球径が大きくなるにつれて共鳴波長が長波長側にシフトする特性が得られた。

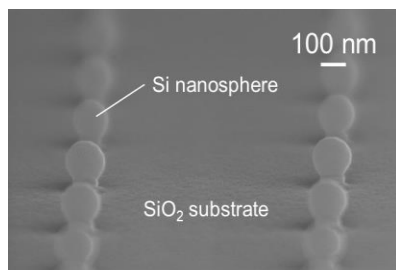


Fig. 1. An SEM photograph of fabricated Si nanospheres with a period of 800 nm.

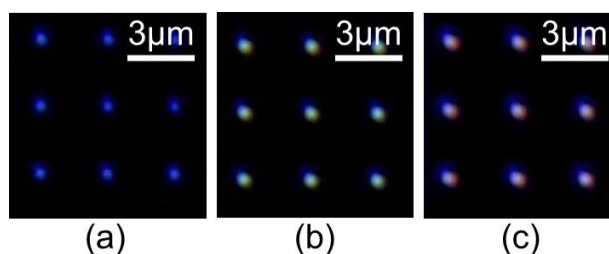


Fig. 2. Scattered light from Si nanospheres with diameters of (a) 114, (b) 158, and (c) 200 nm.

- 1) A. I. Kuznetsov, A. E. Miroshnichenko, Y. H. Fu, J. Zhang, and B. Luk'yanchuk, *Sci. Rep.* **2**(1), (2012) 492.
- 2) U. Zywietz, A. B. Evlyukhin, C. Reinhardt, and B. N. Chichkov, *Nat. Commun.* **5**, (2014)3402.
- 3) Y. Kanamori, K. Douzono, S. Fujihira, and K. Hane, *J. Vac. Sci. Technol. A* **26**(3), (2008) 365–369.
- 4) T. Okatani, Y. Abe, T. Nakazawa, K. Hane, and Y. Kanamori, *Opt. Mater. Express* **11**(1), (2021) 189–197.