

課題番号 : F-21-OS-0029
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 赤外誘電体メタサーフェス
Program Title (English) : Infrared Dielectric Metasurface
利用者名(日本語) : 高原淳一
Username (English) : J. Takahara
所属名(日本語) : 大阪大学, 工学研究科, 物理学系専攻
Affiliation (English) : Dep. of Applied Physics, Grad. School of Engineering, Osaka University
キーワード/Keyword : メタマテリアル、メタサーフェス、リソグラフィ・露光・描画装置

1. 概要 (Summary)

メタマテリアル (metamaterial) とはメタ原子 (metaatom) とよばれる人工的な光共振器構造を多数並べて構成される 3 次元有効媒質である。メタサーフェス (metasurface) とは 2 次元のメタマテリアルのことをいう。我々は損失の極めて少ない単結晶シリコン (c-Si) をメタ原子に用いた誘電体メタサーフェスの研究を行い、波長以下の極めて薄い構造による反射・透過・吸収スペクトルの制御を実現してきた。その中でも完全吸収体(特定の単色波長のみを吸収する物体、Perfect Absorber: PA) は熱輻射を用いたエネルギー応用において重要な役割を果たす。これまでに誘電体メタサーフェスにおける磁気双極子と電気双極子の鏡像対称性による縮退臨界結合 (Degenerate Critical Coupling: DCC) を用いて PA を実現してきた。本研究では誘電体メタサーフェスの四重極子による完全吸収体をはじめて実現することに成功した。

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】

超高精細電子ビームリソグラフィ装置

EB 蒸着装置

【実験方法】

Fig. 1 に楕円筒型 Si ナノ光共振器からなる赤外メタサーフェスの走査型イオン顕微鏡 (SIM) 像を示す。はじめに単結晶 Si/シリカ (SiO₂) 基板上に塗布したレジストに超高精細電子ビームリソグラフィ装置を用いてパターンを描画した。現像の後、EB 蒸着によりクロム (Cr) 薄膜を 20 nm 形成した。リフトオフ後、Cr キャップ層をマスクとしてドライエッチングを行い、厚さ 500 nm、長直径 185 nm、短直径 175 nm、周期 270 nm の Si ナノ光共振器を基板上に作製した。吸収スペクトルの分光は光学顕微鏡の対物レンズを通して垂直方向において行った。

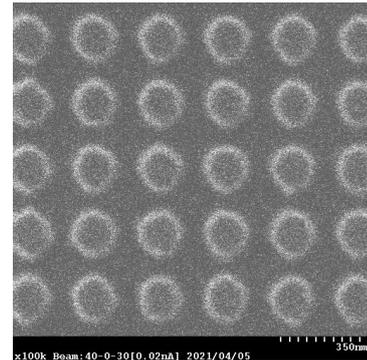


Fig. 1: A SIM image of the periodic array of ellipsoidal cylindrical meta-atoms on a quartz substrate, where the diameter: 185-175 nm, the thickness of c-Si: 500nm, and the period: 270nm.

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

吸収スペクトルから磁気四重極子および電気四重極子が縮退する波長 470 nm において吸収率 0.84 を観測した。シミュレーションとの比較により、これは二つの四重極子の DCC によりおきていることを明らかにした[1]。

4. その他・特記事項 (Others)

なし

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) Rongyang Xu and Junichi Takahara, "All-dielectric perfect absorber based on quadrupole modes," *Opt. Lett.* 46(15), 3596-3599 (2021). (Editor's Picks)

(3) Rongyang Xu, Junichi Takahara, "Si perfect absorber of quadrupole modes within the visible light range", *JSAP-OSA Joint Symposia 2021, The 82th JSAP Autumn Meeting 2021 (Online)*, 10p-N404-8, 2021.9.10.(oral)

6. 関連特許 (Patent)

なし。