

課題番号 : F-20-UT-0100
 利用形態 : 共同研究
 利用課題名(日本語) : 真空紫外光発生用誘電体ナノメンブレンの作製
 Program Title (English) : Fabrication of dielectric nanomembrane for vacuum ultraviolet coherent light generation
 利用者名(日本語) : 小西邦昭
 Username (English) : K. KONISHI
 所属名(日本語) : 東京大学大学院理学系研究科附属フotonサイエンス研究機構
 Affiliation (English) : Institute for Photon Science and Technology, The Univ. of Tokyo
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、膜加工・エッチング、フォトニクス、非線形光学、波長変換

1. 概要(Summary)

波長 100~200 nm の真空紫外領域における波長可変フェムト秒レーザー光源は、物質中の電子の励起状態のダイナミクスを直接観測可能な時間分解光電子分光法や、生体分子円二色性計測のプローブ光源としての応用も重要となっている。そのため、簡便に真空紫外コヒーレント光を発生する方法が求められている。

本研究では、真空紫外コヒーレント光の簡便かつ実用的な発生手法として、厚さ数 100 nm 程度の誘電体自立薄膜(ナノメンブレン)からの第三次高調波発生が有用であることを明らかにし、さらに人工ナノ構造を作製することによって真空紫外円偏光の発生が可能であることを明らかにした。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

超高速大面積電子線描画装置(ADVANTEST F7000S-VD01)、汎用高品質 ICP エッチング装置(ULVAC NE-550)、高速シリコン深掘りエッチング装置(SPTS MUC-21 ASE-Pegasus 4"装置)、ステルスダイサー (DISCO DFL7340)

【実験方法】

シリコン基板上の厚さ約 48 nm のエピタキシャル γ - Al_2O_3 誘電体薄膜に対し、電子線描画装置及び汎用高品質 ICP エッチング装置を用いて周期 600 nm、穴径 190 nm の正方格子フォトニック結晶構造を作製した。さらに、高速シリコン深掘りエッチング装置を用いてシリコン基板の大半を除去した後、80 °C の TMAH を用いたウェットエッチングプロセスを施して誘電体フォトニック結晶の自立膜(フォトニック結晶ナノメンブレン)を作製した。

このフォトニック結晶ナノメンブレンに対して、波

長 470 nm の円偏光フェムト秒パルスレーザーを照射し、真空紫外領域における第三次高調波を観測した。光学実験は東京大学フotonサイエンス研究機構で行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig.1 に示すように、波長 157 nm の真空紫外領域で、入射偏光と逆回りの真空紫外円偏光が発生していることを観測した。これは、正方格子フォトニック結晶の 4 回回転対称性に起因する円偏光選択則の効果である。

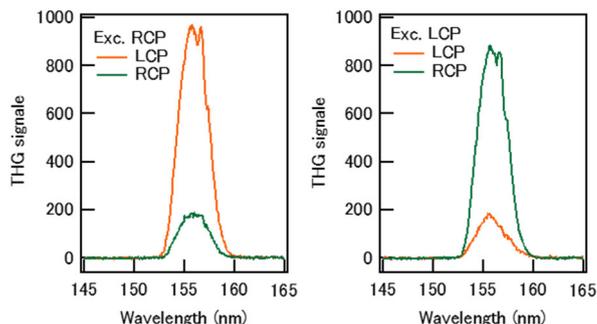


Fig.1 Circularly polarized third harmonic generation spectra in the photonic crystal nanomembranes. Left (Right) figure corresponds to RCP(LCP) excitation. LCP: Left circularly polarization, RCP: Right circularly polarization

4. その他・特記事項(Others)

・共同研究者: 三田吉郎先生(東京大学超微細リソグラフィ・ナノ計測拠点)、豊橋技術科学大学 石田誠先生、赤井大輔先生

・さきがけ(JST) 「量子技術を適用した生命科学基盤の創出」真空紫外コヒーレント光を用いた円二色性生体分光技術の開発、科研費基盤 B 「大面積メンブレン誘電体人工ナノ構造を用いた真空紫外円偏光波長変換技術の開拓」

・藤原誠様、Eric Lebrasseur 様、水島彩子様(東京大学超微細リソグラフィ・ナノ計測拠点)の技術支援に感謝いたします。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) K. Konishi et al., *Optica* 7, 855 (2020).
- (2) K. Konishi et al, *J. Appl. Phys.* 127, 230902 (2020)
- (3) K. Konishi et al, *APL Photonics* 5, 066103 (2020)

6. 関連特許(Patent)

小西邦昭他、“真空紫外光の発生方法及びそれに用いる装置” 特開 2021-032966, 2021 年 3 月 1 日