正方格子誘電体フォトニック結晶ナノメンブレンを用いた真空紫外領域におけるコヒーレント円偏光発生

Circularly polarized coherent light generation in the vacuum ultraviolet region using a square lattice photonic crystal nanomembrane

東大院理 [1]，JST さきがけ [2]，豊橋技科大 [3]，東大院工 [4]
○小西　邦昭 [1,2]，赤井　大輔 [3]，三田　吉郎 [4]，石田　誠 [3]，湯本　潤司 [1]，五神　真 [1]
Univ. of Tokyo[1], JST PREST[2], Toyohashi Tech.[3]
°Kuniaki Konishi[1,2], Daisuke Akai[3], Yoshio Mita[1],
Makoto Ishida[3], Junji Yumoto[1], Makoto Kuwata-Gonokami[1]
E-mail: kkonishi@ipst.s.u-tokyo.ac.jp

波長 100~200nm の真空紫外領域における円偏光フェムト秒レーザー光源は近年、物資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[1]や、生体分子の円二色性分光[2]のプローブ光源など、物性科学や生命科学の分野での重要な応用が広がりつつある。しかしながら、真空紫外より短波長の領域では多くの物質が不透明となるため、この波長領域の偏光制御素子は限られており、簡便に円偏光を発生することは難しい。ここで、基本波の波長より小さな単位構造を有する人工ナノ構造であるメタマテリアルは、その形状の回転対称性を適切に設計することによって、非線形光学過程における円偏光選択則を制御することが可能である。我々は、三回回転対称性を有する金属ナノ周期構造に円偏光を照射することで、逆回りの円偏光の第二次高調波が発生することを、可視光領域で見出している[3]。しかしながら、この手法を真空紫外領域への円偏光波長変換のための手法として用いるには、金属ナノ構造はレーザー破壊閾値が低いため、分光用途に必要な強度での真空紫外光発生が困難であるという問題があった。

本研究では、高いレーザー破壊閾値を有しつつ真空紫外領域への第三次高調波発生が可能な非線形媒質として、厚さが基本波の波長以下である誘電体自立薄膜(ナノメンブレン)に着目した。我々は、厚さ 48nm のエピタキシャルγ-Al_2O_3 薄膜を用いて、フォトニック結晶ナノメンブレン(周期 600nm、穴径 190nm)を作製し、フォトニック結晶構造の共鳴波長である 470nm の円偏光フェムト秒レーザー(パルス幅 100fs、繰り返し周波数 1kHz)を入射したところ、基本波と逆回りの円偏光成分が支配的な、波長 157nm の第三次高調波を観測することに成功した(右図)。構造のないナノメンブレンでは円偏光の第三次高調波発生は禁制であるが、四回回転対称性を有する正方格子状に周期的に円孔を作製することによって、それが許容になることが示された。本手法で発生可能な最大のフォトン数は 1 パルス当たり約 10^5 個と見積もられ、真空紫外円二色性分光のプローブ光としての応用が可能である。本手法は、テーブルトップで簡便に真空紫外コヒーレント円偏光を発生するための基盤技術となり得るものであると考えられる。

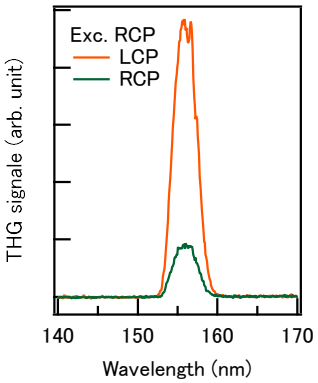

Fig. Circularly-polarized components of vacuum ultraviolet third harmonic generation from γ-Al_2O_3 photonic crystal nanomembrane excited by right circularly-polarized light.

[1] T. Kiss *et al*., Rev. Sci. Inst. **79**, 023106 (2008)
[2] K. Matsuo and K. Gekko, Carbohy. Res. **339**, 591 (2004)
[3] K. Konishi *et al.*, Phys. Rev. Lett. **112**, 135502 (2014)

© 2020年 応用物理学会