

光のスピン軌道結合下での光渦固体高調波発生と動的対称性

Generation of high-order vortex harmonics in solids under spin-orbit interaction of light and dynamical symmetry

NTT 物性研, °永井 恒平, 岡本 拓也, 篠原 康, 眞田 治樹, 小栗 克弥

NTTBRL, °Kohei Nagai, Takuya Okamoto, Yasushi Shinohara, Haruki Sanada, Katsuya Oguri

E-mail: kouhei.nagai@ntt.com

高強度超短パルス光が引き起こす高次高調波発生(HHG)の研究は気体において発展し、近年は光波の空間的なトポロジーを特徴づける軌道角運動量(OAM)に関する研究が高調波の時空間構造の制御の観点から注目を集める[1]。並行して HHG の研究は近年固体材料に展開しており、結晶対称性を反映した固体特有の光学応答を示すことからその微視的発生機構が盛んに研究されてきた[2]。しかし、OAM と関連した巨視的光学応答に固体の特性がどう現れるのかは未だ明らかでなく、これを明らかにすることは新たな光波制御技術の開拓のために重要な課題である。

本研究では、「光のスピン軌道相互作用(SOI)」 [3]と呼ばれる固体中での効果を利用することで、円偏光のガウシアン様の空間形状の駆動光からバルク固体結晶内で光渦の高次高調波を発生する新しい方法を実証した。光の SOI とは通常独立な光の 2 つの角運動量であるスピン角運動量(円偏光)と OAM が複屈折媒質中の光伝搬において結合する効果をいう。実験では Ti:Sapphire 増幅器(3 kHz, 3 mJ, 20 fs)、光パラメトリック増幅器をベースとして発生した波長 2.4 μm の高強度赤外短パルス光を HHG の駆動光として使用した (Fig. 1(a))。それを偏光子、波長板で右回り円偏光(RCP)にし、強い SOI が働くように 1 軸性結晶の GaSe 結晶(厚さ 2 mm)にその光学軸方向に高 NA レンズで集光した。発生した高調波は波長板、偏光子、カラーフィルターに通すことで次数ごとに円偏光分解し、CMOS カメラで空間プロファイルを観測した。Fig. 1(b,c)は観測した 3 次の高調波の(b)右周り円偏光、(c)左回り円偏光成分のプロファイルである。興味深いことに、どちらの円偏光成分にも中心に強度がないドーナツ形状が観測された。また、4 次高調波については角度方向に節をもつ形状を確認した(Fig. 1(d,e))。これらは非ゼロの OAM モード、および異なる OAM モード間の干渉パターンに典型的な強度プロファイル

である。我々は、観測した高調波のスピン及び軌道状態が、「動的対称性」 [4]から導かれる光の全角運動量保存則を満たすことを明らかにした。その詳細は講演で述べる。本研究は JSPS 科研費 20H05670 の助成を受けて行われたものである。

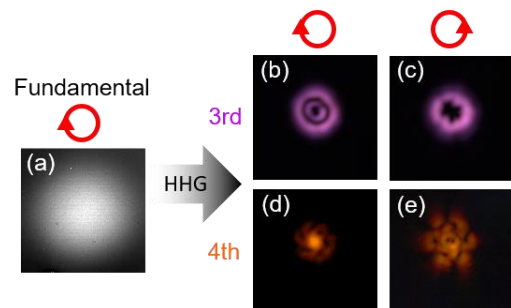


Fig. 1 (a) Spatial intensity profile of fundamental beam. (b-e) Circular polarization-resolved image of (b,c) 3rd and (d,e) 4th harmonics. (b,d) Right circularly polarized, (c,e) left circularly polarized.

- [1] G. Gariépy *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **113**, 153901 (2014).
- [2] S. Ghimire and David A. Reis, *Nat. Phys.* **15**, 10 (2019).
- [3] E. Brasselet *et al.*, *Opt. Lett.* **34**, 1021 (2009).
- [4] G. Lerner *et al.*, *arXiv:2109.01941* (2021).