

2色直交偏光励起による非線形電流の操作と固体高次高調波の制御

Control of nonlinear current and high-order harmonics in solids by using two-color

orthogonally polarized laser fields

京大化研¹, 量研機構²○佐成晏之¹, 乙部智仁², 金光義彦¹, 廣理英基¹ICR, Kyoto Univ.¹, QST²,○Yasuyuki Sanari¹, Tomohito Ootobe², Yoshihiko Kanemitsu¹, Hideki Hirori¹

近年、固体からの高次高調波発生が報告され、その現象が従来の摂動論的非線形光学では説明できず、固体特有の発生メカニズムについて活発な議論が行われている[1]。光励起キャリアの加速運動から発生した非線形電流が高調波を発生させると考えられているが、詳細は未解明である。一方で、高調波の広帯域化と波長選択の向上は応用面において重要であり、2色以上の励起レーザーによって発生する高調波光を操作する研究は重要となる。しかし、固体バンド上のキャリアの加速運動は単色励起の場合に比べて複雑となり、発生する高調波の偏光状態と電子構造の相関は不明である。そこで本研究では、半導体 GaSe を直交した2色の直線偏光の光波混合によって励起した時に発生する高次高調波の偏光方向と結晶の結晶角度依存性を調べ、電子の2次元的な運動による高調波発生を議論した。

実験において、周波数 $\hbar\omega_1 = 0.52$ eV (電場 $E_1 = 10$ MV/cm) の光パルスと、これに直交に偏向した周波数 $\hbar\omega_2 = 0.95$ eV (電場 $E_2 = 1$ MV/cm) の光パルスを GaSe に同時に入射した結果、 $m\hbar\omega_1 + n\hbar\omega_2$ ($m, n =$ 整数) のエネルギーにピークを持つ高調波が発生した。Fig.1 a に E_2 方向に偏光した高調波成分の結晶回転角 φ 依存性を示す。GaSe は 6 回回転対称性の結晶構造を持つのだが、高調波成分 $(m,n) = (1,2), (3,0), (5,0)$ では 12 回回転対称の構造が現れている。また、成分 $(m,n) = (2,1), (4,1)$ は弱い E_2 方向に強く発生している。これらの結果はバンド端近傍の電子構造の対称性を扱う従来の非線形光学では説明できず、バンド端から離れた大きな波数領域に至る電子運動を考慮しなければならない。我々は GaSe の第一伝導帯を近似的に取り込んだバンド内電流のモデル計算で得られる解析解によって再現することに成功した(図 b) [2]。今回の結果で、非線形電流の操作による高次高調波の制御が可能であることが明らかになり、光デバイスの設計において重要な知見を得たと言える。

本研究は科研費(19H05465)の援助による。

[1] S. Ghimire et al., Nat. Phys. **7**, 138 (2011). [2] Y. Sanari et. al., Nat. Commun. **11**, 3069 (2020).

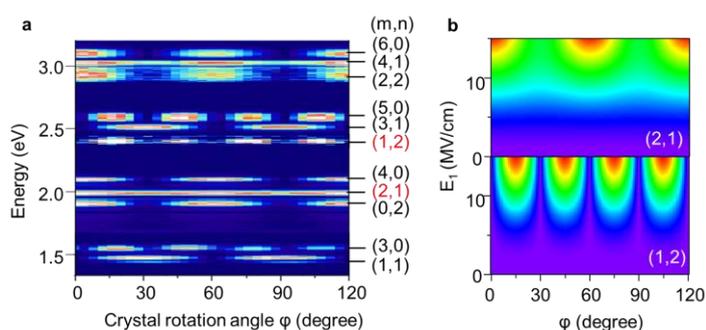


Fig.1 **a.** Observed crystal-angle dependence of normalized high-harmonic intensity. **b.** Calculation results for (2,1)-, (1,2)-components.