固体高次高調波の偏光解析

Ellipsometry of high harmonics from solids

°金島 圭佑，石井 順久，竹内 健悟，板谷 治郎 （東大物性研）

°Keisuke Kaneshima, Nobuhisa Ishii, Kengo Takeuchi, Jiro Itatani (ISSP, Univ. of Tokyo)

E-mail: kaneshima@issp.u-tokyo.ac.jp

【背景】バルク結晶中でのブロッホ振動の観測はこれまで不可能であると考えられてきた．これは，電子の散乱時間が短く，散乱される前に Brillouin Zone の端まで加速することが難しいためである．近年の中赤外領域における高強度超短パルス光発生技術の進歩により，固体を破壊することなく 10 MV/cm を超える電場を一瞬だけ固体に印加することが出来るようになった．これに伴い，バルク結晶中でのブロッホ振動を起源とする固体からの高次高調波発生が報告されている [1,2].

バルク結晶におけるブロッホ振動では，1 次元的な超格子構造におけるブロッホ振動 [3,4] とは異なり，結晶の 3 次元的な電子構造を反映したポテンシャル勾配により，印加された外部電場の方向と直交する方向にも電流が発生すると考えられる．この直交方向電流の寄与により，固体からの高次高調波も直交成分を持つと予想される．

本講演では，固体高次高調波の偏光特性の測定結果，及び，モデル計算による固体高調波の偏光特性の再現について報告する．

【実験】中心波長 5.1 μm, パルスエネルギー2.1 μJ, 時間幅 266 fs, 直線偏光の CEP 安定な中赤外パルス光を [5]，Z-cut の GaSe 結晶（厚さ 30 μm）に直入射で照射した．結晶の位置における中赤外光のピーク電場強度は，空気中で 18.7 MV/cm と見積もられた．GaSe 結晶の直後にワイヤーグリッド偏光子を置き，中赤外光の偏光方向に平行な成分と直交する成分を分離した後で，近赤外領域・可視領域の分光器で高次高調波のスペクトルを測定した(Fig. 1a). この測定を GaSe 結晶の角度 ϕ を変えながら繰り返した(Fig. 1b).

Figure 1(c)に測定結果を示した．スペクトル強度は，近赤外領域・可視領域それぞれで規格化してある．スペクトルの角度依存性について，結晶構造を反映した 60 度ごとの対称性が見られるほか，3 次高調波の角度依存性が見られるなど，摂動論的な非線形光学から予想されるものとは異なる振る舞いが観測されている．

【結論】高強度の中赤外パルス光を用いてバルク結晶中の電子をコヒーレントに駆動することで，結晶の空間的な電子構造を反映した高次高調波スペクトルが得られることを示した．本手法は，オングストローム領域のミクロな電子構造をプローブするための手法として有用である．将来的には，極端紫外域での極短パルス円偏光光源としての応用も期待できる．

【参考文献】

1. S. Ghimire *et al*., Nat. Phys. **7**, 138 (2011).
2. O. Schubert *et al*., Nat. Photon. **8**, 119 (2014).
3. L. Esaki *et al*., IBM J. Res. Develop. **14**, 61 (1970).
4. K. Leo *et al*., Solid State Commun. **84**, 943 (1992).
5. K. Kaneshima *et al*., Opt. Express **24**, 8660 (2016).
6. K. Ueno *et al*., Surf. Sci. **267**, 43 (1992).

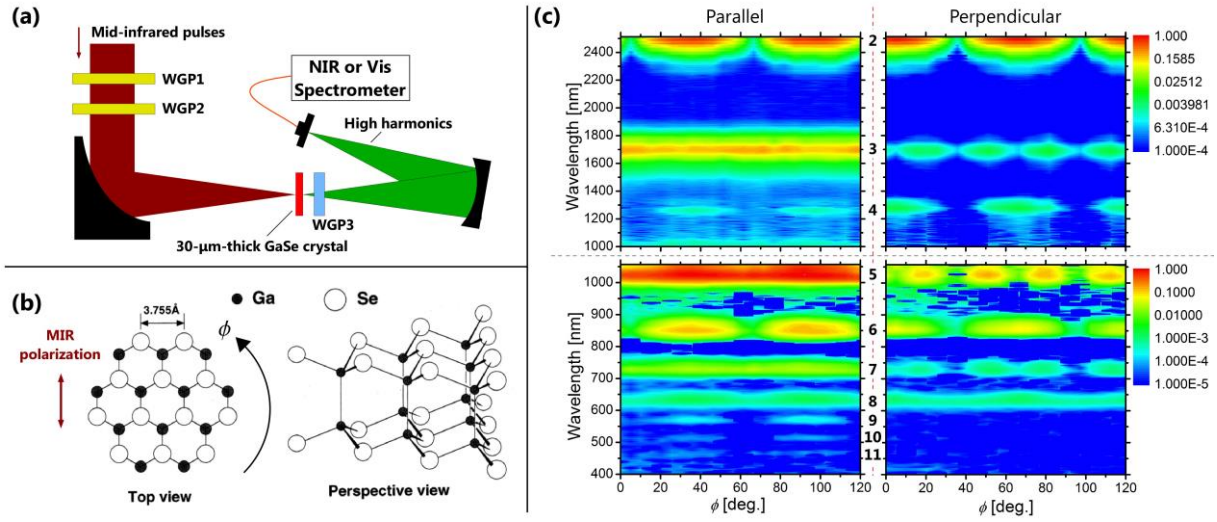

Fig. 1. (a) Schematic of experimental setup. WGP; wire-grid polarizers. (b) Perspective and top views of a unit layer of GaSe [6]. (c) Angular dependence of high harmonic spectra from a GaSe crystal. The left two and right two panels show the high harmonic spectra emitted parallel and perpendicular to the polarization direction of the mid-infrared fields, respectively.

© 2016年 応用物理学会