

シフトカレントと量子物質制御

Shift photocurrent and quantum materials

理研 CEMS¹, 東大院工², °小川直毅^{1,2},

RIKEN CEMS¹, Dept. of Appl. Phys., Univ. of Tokyo², °Naoki Ogawa^{1,2},

E-mail: naoki.ogawa@riken.jp

固体中の電子やスピンの背後に潜む「トポロジ」や「位相」と呼ばれる量子性を利用することにより、外場に対する巨大応答や省エネルギーデバイスの実現が期待されている。反転対称性の破れた結晶中のあらゆる場所で発生する「バルク光起電力効果」はその一例と言える[1,2]。一般的な太陽電池では、 p - n 接合などの半導体界面における電子-正孔対励起と、内部電界によるその分離/ドリフトにより電荷が取り出される。バルク光起電力効果の一つである「シフト電流」では、光励起に際して電子波動関数の位相(ベリー位相)が変化し、波面が進むことにより電荷が輸送される[3,4]。これはボルツマン輸送理論で記述される通常の散逸電流とは質的に異なり、例えば一般に電荷中性であるエキシトンの励起[5]や、フォノンの励起[6]によっても有限の光電流が発生する。また、別のバルク光起電力効果として「インジェクション電流」が知られており、こちらはキャリアの群速度変化、量子論の表現ではベリー曲率によって駆動される光電流である[2]。よく知られた円偏光ガルバニック効果はインジェクション電流に分類される。トポロジカル絶縁体やラッシュバ半導体で見られるスピン分裂バンドにおいては、外部磁場によるインジェクション電流の制御が可能となるとともに[7]、光励起キャリアはディラック電子的な性質を示すと考えられる。講演では、シフト電流を含めたバルク光起電力効果と量子幾何学との関連、基礎特性、高速分光によるスペクトル測定[8]などの最近の研究例に加え、高速の電流源等としての応用可能性について紹介したい。

[1] S. M. Young and A. M. Rappe, *Phys. Rev. Lett.* 109, 116601(2012).

[2] J. Ahn, G.-Y. Guo and N. Nagaosa, *Phys. Rev. X* 11, 041041 (2020).

[3] 小川直毅, 五月女真人, 中村優男, 森本高裕: 日本物理学会誌 75, 154 (2020).

[4] 中村優男, 五月女真人, 小川直毅, 川崎雅司: 応用物理 90, 98 (2021).

[5] M. Sotome et al., *Phys. Rev. B* 103, L241111 (2021).

[6] Y. Okamura et al., *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113, e212313119 (2022).

[7] N. Ogawa et al., *Nature Commun.* 7, 12246 (2016).

[8] M. Sotome et al., *Proc. Natl. Acad. Sci.* 116, 1929 (2019).