

強誘電半導体における低散逸で高速応答のシフト電流光電変換

Less-dissipative and ultrafast-responsive shift current in ferroelectric semiconductors

理研 CEMS¹, JST さきがけ² ◦中村 優男^{1,2}

RIKEN-CEMS¹, JST-PRESTO², ◦Masao Nakamura^{1,2}

E-mail: masao.nakamura@riken.jp

強誘電体に代表される空間反転対称性が破れた物質は、接合構造や外部バイアスの印加無しに光電流発生を示す。この現象は「バルク光起電力効果」として半世紀以上も昔から知られていたが、光電変換効率が低いことや、多くの強誘電体が紫外光波長でしか光応答を示さないことから、長い間あまり注目されてこなかった。

最近、バルク光起電力効果に関する理解が進み、基礎/応用の両面からこの現象が見直されている。バルク光起電力効果の起源は、強誘電体中に残留する内部電場だと考えられていたが、実は「シフト電流」と呼ばれる光学遷移に伴う電子雲の実空間での変位(シフト)によって生じる電流であることが明らかになった[1,2]。物質中の電子分極は、現代的な観点では占有状態の波動関数の量子力学的位相(ベリー位相)で表されるが、シフト電流は始状態(価電子帯)と終状態(伝導帯)のベリー位相差によって発生する。これはシフト電流が波動関数の干渉効果で生じる電流であることを意味しており、電場に駆動される通常の電流と異なり、物質中の欠陥や不純物によるエネルギー散逸を受けにくい電流である。このように、シフト電流は、低散逸性やベリー位相が観測値に現れるという学理からの興味に加えて、バンドギャップを遥かに超える高い電圧や非常に高速の応答性を示すことから、太陽電池や光センサといった応用面からも大きな注目を集めている。

我々は、量子力学的な起源を持つシフト電流の本質に実験的に迫ることを目指している。これまでに代表的な強誘電半導体である SbSI において、シフト電流が移動度に依存しない電流であることや多数キャリアに駆動される電流であること[3]、パルス光に対する超高速の応答性を持つこと[4]を明らかにした。また、電子型強誘電体である有機電荷移動錯体の TTF-CA が、巨大でかつ中赤外光波長までシフト電流応答を持つことを示した[5]。講演では、シフト電流の欠陥耐性やデバイス応用の可能性についても議論する。

本研究は JST さきがけ(JPMJPR16R5)の支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] S. M. Young and A. M. Rappe, Phys. Rev. Lett. **109**, 116601 (2012).
- [2] T. Morimoto and N. Nagaosa, Sci. Adv. **2**, e1501524 (2016).
- [3] M. Nakamura *et al.*, Appl. Phys. Lett. **113**, 232901 (2018).
- [4] M. Sotome, M. Nakamura *et al.*, Proc. Natl. Acad. Sci. **116**, 1929 (2019).
- [5] M. Nakamura *et al.*, Nat. Commun. **8**, 281 (2017).