

van der Waals マルチフェロイック CuCrP_2S_6 単結晶における 光電特性の温度依存性評価

Temperature Dependence of Optoelectronic Properties in van der Waals Multiferroic CuCrP_2S_6 Single Crystals

東京科学大 フロンティア研 °村田陵河, 笹川崇男

Materials and Structures Laboratory, Institute of Science Tokyo

Ryoga Murata and Takao Sasagawa

E-mail: murata.r.ah@m.titech.ac.jp

CuCrP_2S_6 (CCPS) は、温度によって2つの安定相をとる絶縁性の van der Waals 積層物質である。室温から冷却すると Cu の規則配置に伴って反強誘電相へ相転移 ($T_c = 145$ K) する。この際、室温相の空間群は中心対称な構造の“ $C2/c$ ”に分類されるのに対し、反強誘電相の 145 K 以下における空間群は非中心対称な構造“ Pc ”に分類される。反強誘電相からさらに降温していくと、Cr の磁気秩序による反強磁性相への転移 ($T_N = 32$ K) が生じ、反強誘電性と反強磁性を兼ね備えたマルチフェロイックとなる。さらに、反強誘電相のみに限らず、中心対称な空間群として報告されている室温相においても、第2高調波発生 (SHG) のような非対称な結晶構造でしか生じ得ない物理応答が観測されている点も興味深い[1]。この起源については明らかになっておらず、外部電場の有無によっても応答が変化することが報告されている。このように結晶構造・磁気秩序によって特異な物性を示す CCPS では、温度や磁場によってその応答を制御できる可能性がある。そこで我々が注目したのはトポロジカルな非線形光学応答の一種で、次世代型の光電応答として注目されているバルク光起電力効果の候補材料としての潜在性である。駆動される光電流の一種である、散乱に対して堅牢なシフト電流の観測や、温度変化が激しい宇宙のようなし烈な環境下での光機能材料としての応用も期待できる。我々は前回講演で報告した単結晶育成と室温における光電応答に加えて、非中心対称な構造をもつ反強誘電相をはじめとするバルク光起電力効果の観測を試みた。そして、結晶構造・磁気秩序の転位温度を基点として温度制御し、この物質系における網羅的な光起電力応答の観測に迫ることを目指した。

測定は、背面反射ラウエ法によって結晶方位 (ab 面) を同定した単結晶に電極を形成したデバイスを対象として行った。結晶構造との対応関係は Fig. 1(a) に示した概念図のようになっており、映進面に平行な a 軸方向と、垂直な b 軸方向に生じる光電流の観測を行った。温度制御可能な光電測定装置は、GM 冷凍機付き真空プローバーにレーザー光学系を設置して構築した。電流-電圧特性は半導体パラメータアナライザーによって評価しており、fA オーダーの測定が可能である。光電測定を行う温度の指標とするために抵抗率の温度依存性を評価したところ、相転移が生じる温度域で、多段階にわたって抵抗率の変化を観測した。その結果をもとに、まずは磁気構造をもたない反強誘電相 (100 K) で光電特性を評価すると、映進面に平行な $I \parallel a$ においてのみ有意な短絡電流を観測することに成功した (Fig. 1(b), (c))。この応答は偏光方向を $\parallel a$ 、 $\parallel b$ と変えても観測され、シフト電流が生じ得る結晶の対称性と一致した。講演では、反強誘電相における結果に加えて、磁気特性を併せ持つマルチフェロイック相、室温相における測定結果も報告し、それらをもとにバルク光起電力効果の温度依存性について議論する。

【Ref.】[1] Q. Hu *et al.*, Nature Commun. 15, 3029 (2024).

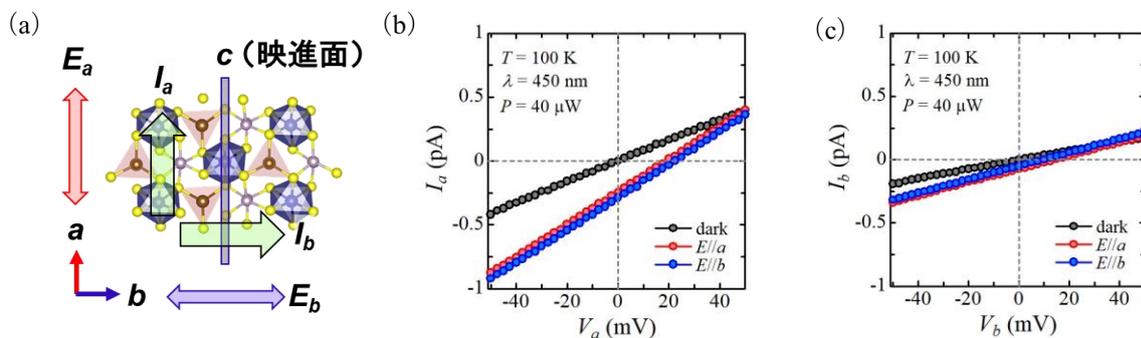


Fig. 1 (a) The crystal structure of CuCrP_2S_6 projected onto the ab face. The arrows indicate the directions of the optical electric field E of the irradiated linearly polarized light. The results of I - V measurements along the (b) a - and (c) b -axes without and with photo irradiation ($E \parallel a$ - and b -axes).