

高調波発生を用いた金属チタンにおける電子状態の異方性計測 Measurement of Anisotropy in the Electronic States of Metallic Titanium using Optical Harmonics

横浜国立大学¹, 京都大学², 物質・材料研究機構³, 東京大学⁴ ◯高階君佳¹, 内田健人²,
田中耕一郎², 松永哲也^{3,4}, 御手洗容子⁴, 金島圭佑¹, 武田淳¹, 片山郁文¹

Yokohama National Univ.¹, Kyoto Univ.², National Institute for Materials Science³, The Univ.
of Tokyo⁴, ◯Kimika Takashina¹, Kento Uchida², Koichiro Tanaka², Tetsuya Matsunaga³,
Yoko Yamabe-Mitarai⁴, Keisuke Kaneshima¹, Jun Takeda¹, Ikufumi Katayama¹

E-mail: katayama-ikufumi-bm@ynu.ac.jp

航空機等に広く使われる Ti 系材料は、Ti に Al、Sn など数種の元素を添加した合金である。しかし、組み合わせる元素の種類及び量と、得られる合金の特性との関係を理論的に示すことができないため、新合金は試行錯誤的手法により開発されている。一方で、Ti に Al を添加することで、力学特性の異方性が消失する傾向[1]と電子状態との相関が示唆されたが[2]、その起源や評価手法は確立されていない。そこで本研究では、理論的合金設計手法を確立するため、Ti 系材料の電子状態を簡便に観測する手法を開拓し、力学特性を電子状態から理解することを目的とした。特に、電子状態の観測手法として高調波発生に着目し[3]、Ti 系材料における高調波の結晶方位依存性により、電子状態の異方性の評価を試みた。

本実験では、波長 4.8 μm 中赤外線レーザー（パルス幅 ~ 100 fs、尖頭値 $0.54 \text{ TW}/\text{cm}^2$ ）を用いた。中赤外光は反射対物ミラーを用いて試料に集光し、発生した 3 次高調波（HH3, 1600 nm）及び 5 次高調波（HH5, 960 nm）強度の入射偏光に対する依存性を測定した。試料は鏡面研磨した Ti の多結晶を用いた。同試料には大きさ 50 μm 程度の単結晶ドメインが存在しており、その結晶方位を電子線後方散乱回折（EBSD）法によって柱面（ac 面）を特定した上で、高調波の測定を行った。Fig. 1(a)(b) に得られた Ti における高調波の入射偏光依存性を示す。高調波に明瞭な偏光依存性が存在することから、電子状態の異方性が観測できたことがわかる。この結果は、本手法が金属における電子状態の評価に有効であることを示している。講演では、フェルミ面を横切る 4 枚のバンドに対し、非線形バンド内電流のモデル計算を行い、高調波の偏光依存性を求めた結果についても紹介する。

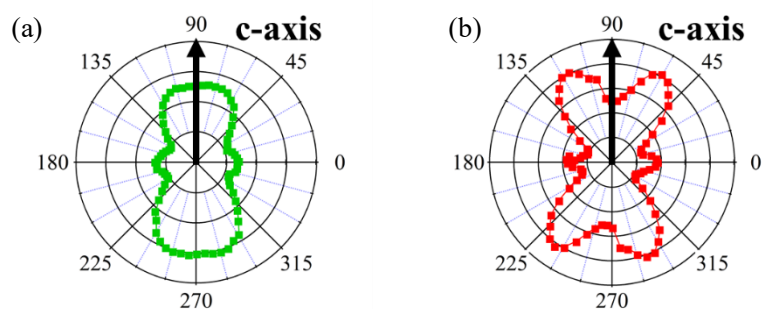


Fig.1 (a)(b) Polarization dependence of HH3 (green) and HH5 (red) from ac surface of Ti.

[1] J. C. Williams, R. G. Baggerly, N. E. Paton, Metall. Mater. Trans. A 33, 837–850 (2002).

[2] W. Zhou, R. Sahara, K. Tsuchiya, J. Alloy. Comp. 727, 579-595 (2017).

[3] S. Ghimire, D. A. Reis, Nature Physics 15, 10-16(2019).