

Anatase-TiO₂ (001) 表面における水素吸着による 2 次元電子状態の形成 Hydrogen-Induced Two-Dimensional Electronic States at Anatase-TiO₂ (001) surface

湯川龍^{1,*}, 簗原誠人¹, 志賀大亮^{1,2}, 北村未歩¹, 三橋太一^{1,2},
小林正起¹, 堀場弘司¹, 組頭広志^{1,2}

¹物質構造科学研究所, 放射光科学研究施設, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

²東北大学大学院理学研究科, 〒980-8578 青葉区荒巻青葉 6-3

Ryu Yukawa^{1,*}, Makoto Minohara¹, Daisuke Shiga^{1,2}, Miho Kitamura¹, Taichi Mitsuhashi^{1,2},
Masaki Kobayashi¹, Koji Horiba¹, and Hiroshi Kumigashira^{1,2}

¹Institute of Materials Structure Science, Photon Factory, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

²Department of Physics, Tohoku University, 6-3 Aramaki, Aoba, 980-8578, Japan

1 はじめに

近年、アナターゼ型酸化チタン (a-TiO₂) の表面において光照射による酸素欠陥に起因した 2 次元電子状態が形成されることが報告され[1]、新たな量子物性探索の場として注目が集まっている。しかしながら、光照射では酸素欠損 (電子ドナー) の分布が一意に決まらないため、2 次元電子状態を制御することが難しいという問題がある。そのため、我々は、表面への電子ドープ手法として、a-TiO₂ 表面への水素 (H) 吸着を試みた[2]。H 吸着により a-TiO₂ (001) 表面によく定義された電子ドープを行い、表面に誘起された 2 次元電子状態を角度分解光電子分光 (ARPES) により明らかにすることを目的として実験を行なった。

2 実験

実験は KEK-PF BL-2A MUSASHI ビームラインに設置した *in situ* ARPES-レーザー分子線エピタキシー (MBE) 複合装置を用いて行った。高品質 a-TiO₂ 薄膜をパルスレーザー堆積法により作製し、その表面に超高真空中で H を乖離吸着させた。H 吸着前後で ARPES 測定を行い、表面キャリアドープに伴う

金属状態の変化を捉えた。

3 結果および考察

図 1 に a-TiO₂ (001) 清浄面における H 吸着前後での ARPES 測定の結果を示す。H 吸着に伴いフェルミ波数 (k_F) が増大していることが見て取れる。このことは、表面に吸着した H が電子ドナーとして働き、a-TiO₂ (001) 表面に電子がドープされたことを示している[3]。また、H 吸着後においては明瞭なサブバンド構造が形成されていることから、a-TiO₂ (001) 表面に量子化状態が形成していることが示された。詳細な解析の結果、ドープされた電子は表面近傍 1-2 nm の領域に閉じ込められていることが明らかになった。

4 まとめ

本研究では、H 吸着前後で a-TiO₂ (001) 表面における電子状態の変化を *in situ* ARPES により明らかにすることで、a-TiO₂ 表面への H 吸着によるキャリアドープが 2 次元電子状態発現に寄与することを示した。今後、H 吸着量と 2 次元電子状態密度との関係を詳細に調べることで、a-TiO₂ (001) 表面における吸

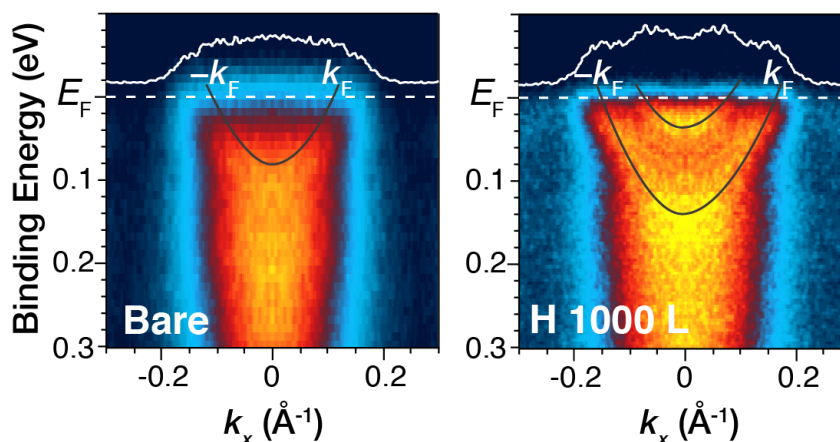


図 1 : H 吸着前後における a-TiO₂ (001) 表面の ARPES イメージ。フェルミ準位での運動量分布曲線を白の実線で示す。

着水素の電子ドープ効率を明らかにする。さらに、異なる面方位に対して同様の研究を展開することで、有効質量に異方性のある場合の 2 次元電子状態について知見を得る。

謝辞

本研究は科学研究費補助金（課題番号 16H02115、16KK0107、17K14325）および、物質構造科学研究所量子ビーム研究支援事業の支援を受けて実施された。

参考文献

- [1] S. Moser *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 196403 (2013).
- [2] V. Derycke *et al.*, *Nat. Mater.* **2**, 253 (2003).
- [3] R. Yukawa *et al.*, *Phys. Rev. B* **97**, 165428 (2018).

*ryukawa@post.kek.jp