

## 擬一次元構造表面における特異な Rashba 分裂 Peculiar Rashba splitting on a surface with quasi 1D structure

大高実<sup>1</sup>, 青木嵩<sup>1</sup>, 石川裕隆<sup>1</sup>, 武市泰男<sup>2</sup>, 原沢あゆみ<sup>2</sup>, 矢冶光一郎<sup>2</sup>, 坂本一之<sup>1</sup>

<sup>1</sup>千葉大学大学院融合科学研究科、〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

<sup>2</sup>東京大学物性研究所 〒277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

### 1 はじめに

スピン軌道相互作用と空間反転対称性の破れにより非磁性体でもスピン偏極した電子バンドが生じる。これは Rashba 効果[1,2]として知られ、半導体スピントロニクスデバイスの動作と関連することから応用的に興味を持たれる研究対象である。初期の研究において貴金属の単結晶表面[3]で観測された小さな Rashba 分裂であるが、近年、重元素原子を軽元素金属基板に 1ML 以下吸着させることによって巨大な Rashba 分裂が発現することが報告された[4]。また、重元素吸着半導体表面においては巨大な Rashba 効果の発現のみでなく、表面の対称性に起因した特異な Rashba 効果の存在も報告された[5,6]。そこで、本研究ではこれまで報告のない(擬)一次元構造での特異な Rashba 効果の観測とその起源の解明を目的に、 $C_{1h}$ 対称性を有する Si(110)表面に TI を吸着させて形成される TI/Si(110)-(1×1)表面のスピン偏極電子構造をもとめることを目的とした。

### 2 試料作成と SARPES 測定

試料はまず、超高真空下で 1520 K のアニーリングによって Si(110)表面を清浄化し、その上に TI を 1ML 蒸着した後 420 K のアニーリングを 2 分間行うことによって得た。試料の構造と質は低速電子線回折(LEED)によって確認した。また、スピン・角度分解光電子分光測定は KEK-PF の BL-19A で行った。BL-19A は独自のスピン検出器、very low-energy Electron diffraction(VLEED)装置[7]を備えており、通常のスピン分解光電子分光法で用いられる Mott 検出器よりも高効率での測定が可能である。測定はエネルギー分解能・角度分解能をそれぞれ 50meV と 1°、試料温度 40K で行った。

### 3 結果および考察

図 1 は光エネルギー(hv) 35eV で測定した TI/Si(110)-(1×1)表面の束縛エネルギー170meV でのマッピングと表面ブリルアンゾーンの  $\bar{\Gamma}-\bar{X}'$  方向の電子バンド構造を示している。これより、束縛エネルギー170meV においては  $\bar{\Gamma}-\bar{X}'$  方向のみに電子状態があり、それと垂直な  $\bar{\Gamma}-\bar{X}$  にはないことから原子構造だけでなく、電子構造も擬一次元的であることがわかる。また、 $\bar{\Gamma}-\bar{X}'$  の電子バンドが分裂していることも見て取れる。図 1 中の(a)-(c)の点と線

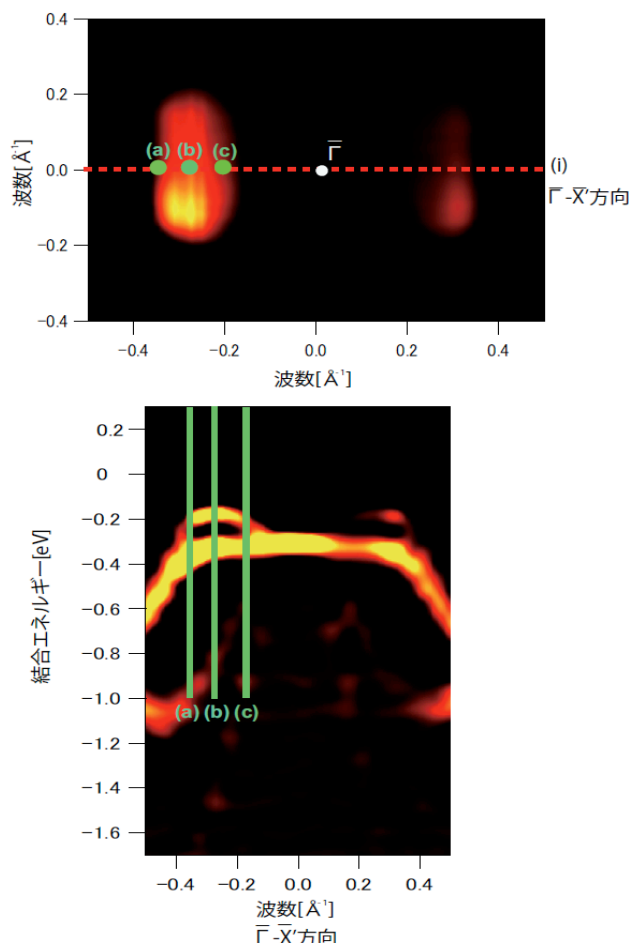


図 1: TI/Si(110)-(1×1) 表面の電子状態。E<sub>B</sub> = 170 meV でのマッピングと  $\bar{\Gamma}-\bar{X}'$  方向の電子バンド構造。

は VLEED を用いてスピン分解光電子分光を行った場所を示している。

図 1 中の各点で測定した、表面平行方向、波数垂直方向のスピンに関するスピン分解光電子スペクトルを図 2 に示す。この結果から、図 1 で観測された  $\bar{\Gamma}-\bar{X}'$  方向の分裂がスピン分裂であり、スピンの向きが Rashba スピンと同じであることがわかった。また、 $\bar{\Gamma}$  点の反対側の分裂バンドではスピンが逆転していたことから、時間反転対称性を有する Rashba 効果によるスピン分裂であると結論づけた。

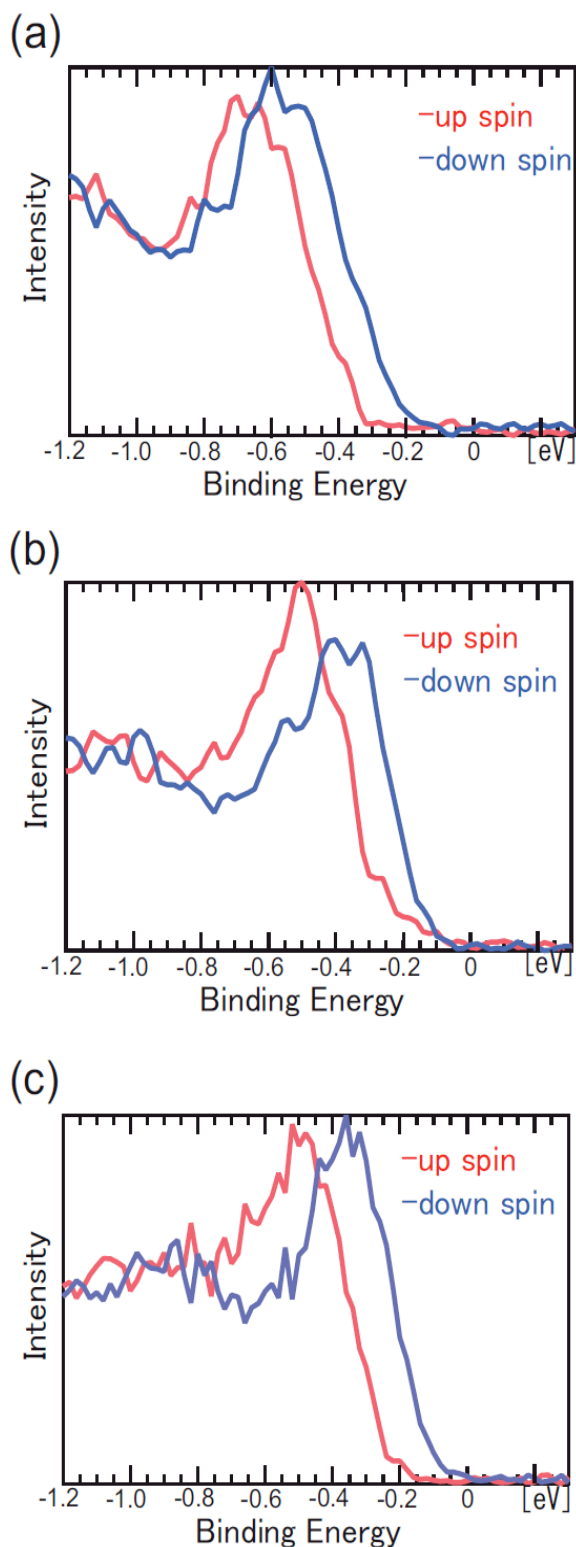


図 2: 図 1 の(a)-(c) で測定したスピン分解光電子分光スペクトル。スピンの向きは表面平行方向、波数に対して垂直方向である。

#### 4 まとめ

本実験では、Ti/Si(110)-(1×1) 表面におけるスピン偏極した電子状態をスピン分解光電子分光によって測定した。その結果、この表面の  $C_{1h}$  対称性に由

来すると考えられる擬一次元的な電子構造と擬一次元的な Rashba 効果を観測した。

#### 謝辞

本研究は科研費 JSPS (20244045) と G-COE MEXT(G-03) の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] E.I. Rashba, Sov. Phys. Solid State **2**, 1109 (1960).
- [2] Y. A. Bychkov and E. I. Rashba, JETP lett. **39**, 78 (1984).
- [3] S. LaShell, B. A. McDougall, and E. Jensen, Phys. Rev. Lett. **77**, 3419 (1996).
- [4] C. R. Ast *et al.*, Phys. Rev. Lett. **98**, 186807 (2007).
- [5] K. Sakamoto *et al.*, Phys. Rev. Lett. **102**, 156801 (2009).
- [6] K. Sakamoto *et al.*, Phys. Rev. Lett. **103**, 096805 (2009).
- [7] T. Okuda *et al.*, Rev Sci Instrum. **89**, 123117 (2008).