

# 重元素吸着 Ge(111)表面でのラシュバ効果

京都大学大学院理学研究科化学専攻 八田 振一郎

近年電子系のスピン自由度を利用した新規なデバイスの開発が期待されていることを背景にして、伝導電子に関わるスピン軌道相互作用の研究に高い関心が寄せられている。Rashba(ラシュバ)効果(または Rashba-Bychkov 効果)は2次元電子系のエネルギー準位が面直方向の電場の存在により生じるスピン軌道相互作用によってスピン分裂する現象を示す[1]。このとき磁性体であることや外部磁場を必要としない点が興味深い。これまで主に半導体ヘテロ構造中の量子井戸状態について Rashba 効果の研究が先行してきた。一方、固体表面でも結晶の3次元周期の切断による非対称なポテンシャル変化が存在するため、表面状態について Rashba 効果が現れることが予想される。実際には、表面状態のスピン分裂の観測には高分解能の角度分解光電子分光(ARPES)測定と強い Rashba 効果(数10 meV以上のスピン分裂)が必要になるため、Au(111)表面についての最初の報告[2]以降、Bi 表面[3]など少数の報告例にとどまっている。また、半導体表面に作成した吸着層では強い閉じ込め効果が期待される上に、被覆率などによって様々な表面構造が現れるにもかかわらず、そこでの Rashba 効果についてほとんど報告がない。

我々のグループでは半導体 Ge(111)基板上に単原子層以下の TI または Bi によって構成される表面構造の電子状態について研究を行ってきた。これらは重い p ブロック元素に属し、その強い核ポテンシャルの影響によって増大された Rashba 効果が現れることを期待した。Fig. 1 に Bi の単原子層 (" $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 表面")について ARPES 測定の結果を示す。M 点で2本のバンドが縮退する様子が見られる。これらのバンドはスピン軌道相互作用を取り入れた第一原理計算によってスピン分裂した1組のバンドとして再現された。M 点での縮退は時間反転対称性と並進対称性のカップリングによってスピン分裂が  $k=\mathbf{G}/2$  ( $\mathbf{G}$  は逆格子ベクトル)において禁制されることに対応している。観測された分裂幅は約 250 meV に達し、半導体ヘテロ構造で観測されるものと比べて一桁以上大きい。講演では Bi 吸着表面以外について得られた結果も含めて、吸着構造およびスピン分裂した状態の解析結果について紹介する。

[1] E. I. Rashba, Sov. Phys. Sol. St. 2, 1109 (1960); Y. A. Bychkov and E. I. Rashba, JETP Lett. 39, 78 (1984).

[2] S. LaShell et al, Phys. Rev. Lett. 77 3419 (1996).

[3] Yu. M. Koroteev et al, Phys. Rev. Lett. 93, 046403 (2004).

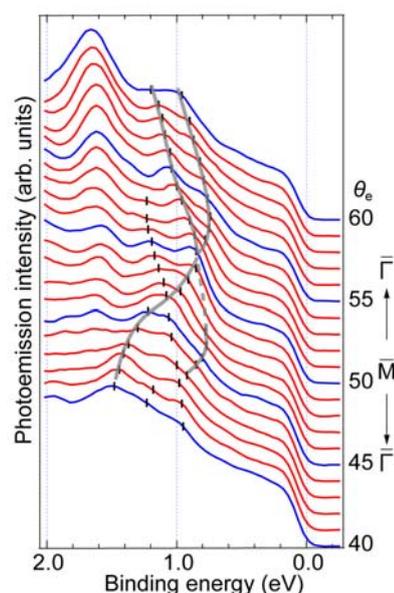


Fig. 1 Bi/Ge(111)- ( $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ )R30° 表面の ARPES スペクトル