

STM/STS observation and electronic structure calculation of Mn in GaSb

Tokyo Tech., °Takashi Tatsumi, Miyuki Ando, Shigeru Kaku and Junji Yoshino

E-mail: tatsumi.t.ab@m.titech.ac.jp

希薄磁性半導体は化合物半導体に磁性原子をドーピングしたものであり、この実用化のために、磁性原子近傍の電子状態の微視的な理解が重要である。これまで Scanning tunneling microscopy (STM)を用いて、GaAs[1], InAs[2], InSb[3]等の中の Mn が調べられており、Mn に束縛された正孔状態は表面緩和による歪み[4]及び探針による電場[5]によって強い異方性を持つことが分かっている。また、この異方性は磁性原子の母材に対する束縛エネルギーと強く関係していると指摘されている。すなわち、束縛エネルギーが大きい GaAs と InAs 中の Mn では、正孔状態は非対称な蝶ネクタイ型を示し、束縛エネルギーが小さい InSb 中の Mn では、広範なボーア半径により強く表面緩和の影響を受ける結果、正孔状態はより非対称な三角形となる。

我々は、GaSb 中の Mn では束縛エネルギーが InSb 中の Mn と近いことから、三角形の STM 画像が得られると予想して、実際に観測により確認した[6]。今回は、この非対称性の起源及び束縛エネルギーとの関係について Tight-binding 計算による考察を行った。Tight-binding 計算は2つ隣の原子までとの相互作用を考慮する第二近接近似を用い、パラメーターは Ref.[7]を参照した。作成したハミルトニアンから Umerski による計算と Dyson 方程式 [8]を用いて表面のグリーン関数を求め、表面の局所的状態密度を計算した。また、実験では試料の結晶性の向上に成功したため(Fig. 1)、 dI/dV -V 測定により GaSb 中の Mn 準位を詳しく調べた。GaAs と InAs 中の Mn 準位は Mn ドープ層深さに依存するが [2,9]、GaSb 中の Mn では、有意な依存性は確認できなかった。講演では、詳細な測定結果に理論的考察を交えて議論する。

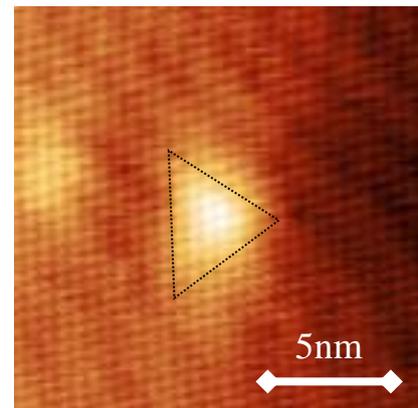


Fig. 1 STM image of Mn in GaSb(110) surface.

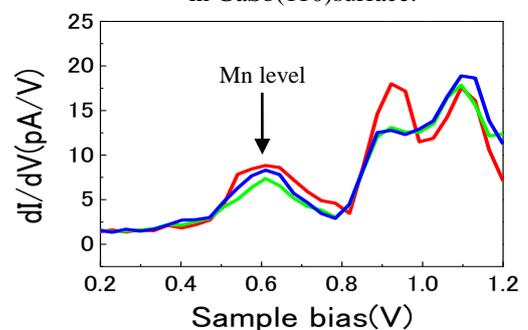


Fig. 2 dI/dV -V curves obtained on three Mn atoms doped in different layer depth from the (110) surface.

- [1]A. M. Yakunin et. al. Phys. Rev. Lett. **92**, 216806 (2004)
- [2]F. Marcinowski et. al. Phys. Rev. Lett.**99**, 157202(2007)
- [3]S. J. C. Mauger et. al. Appl. Phys. Lett. **107**, 222102 (2015)
- [4]C.Çelebi et. al. Phys. Rev. Lett. **104**, 086404(2010)
- [5]S. Lothet al. Phys. Rev. B **77**, 115344(2008)
- [6]第 6 5 回応用物理学会春季学術講演会17p-P10-2
- [7]B. Boykin Phys. Rev. B **56**, 9613(1997)
- [8]A. Umerski Phys. Rev. B **55**, 5266(1996)
- [9]J.K.Garleff et. al. Phys. Rev. B **82**, 035303(2010)