

低温 STM による InAs p-n 接合の空乏層解析

Analysis of the depletion layer in the InAs p-n junction using low-temperature STM

福岡工大¹, NTT 物性基礎研² ◦鈴木 恭一¹, 小野満 恒二², 蟹澤 聖²

Fukuoka Inst. of Tech.¹, NTT Basic Research Labs.²,

◦Kyoichi Suzuki¹, Koji Onomitsu², Kiyoshi Kanisawa²

E-mail: k-suzuki@fit.ac.jp

走査トンネル顕微鏡(STM)および走査トンネル分光(STS)を半導体デバイスに適用することで、内部のポテンシャル変化や波動関数の2乗である存在確率分布を実空間で観測・解析できる。今回我々は、InAs p-n 接合断面における低温 STM/STS の結果[1]を基にエネルギーバンドプロファイルを解析し、空乏層幅およびドーパントのイオン化率を同定した。

アクセプタ(Zn)とドナー(S)を高濃度ドーブした n 型 InAs 基板の上に、MBE で Be ドープ p 型 InAs を成長させた。SIMS で求めた Zn, S, Be の濃度はそれぞれ 2.0×10^{18} , 2.0×10^{18} , $4.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であった。室温のホール測定より、基板は電子濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の n 型であることを確認している。図 1(a)に、試料電圧+1.0 V における STM 像を示す。明るい領域が n 型基板で、暗い領域が p 型成長層である。界面には、欠陥と見られる暗い点が[1-10]方向に並んでいる。

[001]方向に沿って STS を行い、各位置において伝導帯下端(CB)と価電子帯上端(VB)を求めた結果を図 1(b)に示す。基板側では、界面に至るまでエネルギーバンドの曲がりがないことが分かる。これは高濃度の両性ドーブに起因すると考えられる。p 側では、基板との界面付近で反転層を形成しており、界面から 100 nm 付近までバンドの曲がり、つまり空乏層が観測されている。

[001]方向にポアソン方程式を解いてエネルギーバンドを計算した結果、p 側のアクセプタ濃度を $N_A = 6.0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ と仮定したとき、CB プロファイルが STS の結果とよく一致した。このことから、ドーブした Be の 4.8 K におけるイオン化率は 15%と求めた。VB プロファイルの不一致は STM 探針の近接による[110]方向へのバンド曲がり原因と考えられる。

[1] 第 70 回応用物理学会学術講演会(2009 年秋)

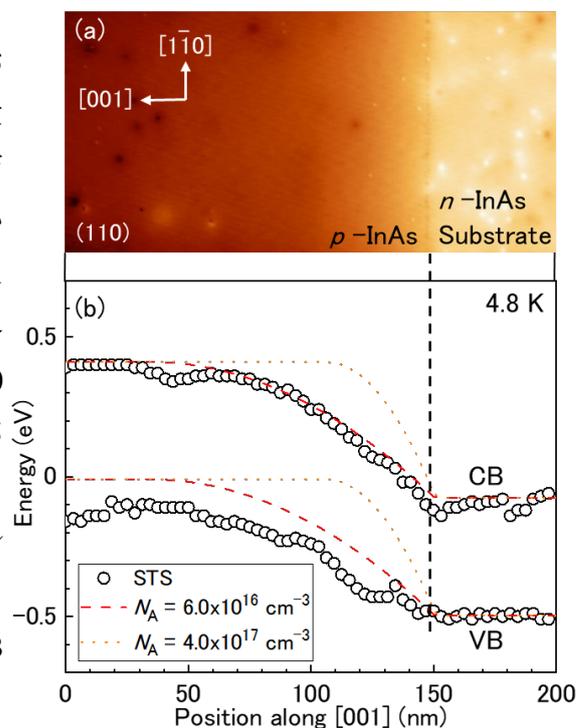


図 1. (a): STM image on the (110) cleaved surface of the InAs p-n junction. (b): Conduction (CB) and valence (VB) band profiles obtained from STS (open circles) and calculation (dashed lines: $N_A = 6.0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, dotted lines: $N_A = 4.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$).