

InAs_xSb_{1-x}/Al_yIn_{1-y}Sb 量子井戸のバンド構造と極低温電子輸送特性

Band diagrams and low temperature transport properties of InAs_xSb_{1-x}/Al_yIn_{1-y}Sb quantum wells

福大理¹, 野口研² [○]真砂 卓史¹, 笠原 健司¹, 柴崎 一郎²

Fukuoka Univ.¹, The Noguchi Inst.², [○]Takashi Manago¹, Kenji Kasahara¹, and Ichiro Shibasaki²

E-mail: manago@fukuoka-u.ac.jp

はじめに

狭ギャップ半導体である InSb 系の薄膜は、電子移動度が大きく高感度ホール素子などの磁気センサ材料に使われている。InSb の Sb の一部を As に置換した InAsSb 量子井戸は、バンドギャップが小さくなるが、更に移動度も大きくなる。これまでに格子ミスマッチがほぼ 0% の InAs_{0.1}Sb_{0.9}/Al_{0.1}In_{0.9}Sb 量子井戸は、極低温においても抵抗の発散が無く、導電性を有することを報告した。これは、バンドダイアグラムの計算により、量子井戸がタイプ II に変化し、低温においても井戸が空亡化しないためであることが分かった[1]。このため、GaAs 基板上的 InAs_xSb_{1-x}/Al_yIn_{1-y}Sb 量子井戸のバンドダイアグラムについて、広範囲な As 組成の組み合わせと電子輸送特性を調べ、極低温でも電子デバイスや超高感度磁気センサ等のデバイス応用が可能なこと等、極めて有用な結果を得たので報告する。

シミュレーション

バンドダイアグラムの計算は Poisson-Schrödinger 方程式計算プログラム(nextnano)を用いて行った。シミュレーションに用いたウェハ構造は、GaAs cap (6.5 nm)/ Al_yIn_{1-y}Sb (50 nm)/ InAs_xSb_{1-x} (50 nm)/ Al_yIn_{1-y}Sb (700 nm)/ GaAs (100) substrate である (0 ≤ x, y ≤ 1)。歪みは考慮しておらず、GaAs 表面のフェルミ準位はバンドギャップの半分の位置にピン留めされると仮定した。

結果および議論

今回の計算では歪みは考慮していないため、現実には即しているのは格子ミスマッチが小さくなる辺りの組み合わせとなるが、このような組成範囲内で電子輸送上非常に望ましいバンドダイアグラムが得られることが分かった。Fig. 1 は格子ミスマッチが非常に小さくなる x, y 辺りのバンドダイアグラムである。いずれもタイプ II となり、伝導体がフェルミレベルの下に位置しており、極低温においても空亡化せず、極めて良好な導電性を有する。この結果は、InAsSb 系半導体量子井戸では極低温で良好な導電性を示す組成があり、高い電子移動度を生かし極低温まで動作するデバイス作製が可能な材料であることを意味している。キャリア密度の温度変化の少なさや、井戸の閉じ込め深さによる界面散乱の抑制効果等を勘案すると、極低温動作可能な磁気センサや電子デバイス等の製作に最適な組成は、x = 0.4 - 0.6 (対応する y 範囲は y = 0.5 - 0.7)である[2]。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費基盤研究 (No.19K04498) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] T. Manago, S. Ishida, H. Geka, I. Shibasaki. AIP Advances 5, 067149 (2005).
- [2] T. Manago, K. Kasahara, I. Shibasaki. submitted.

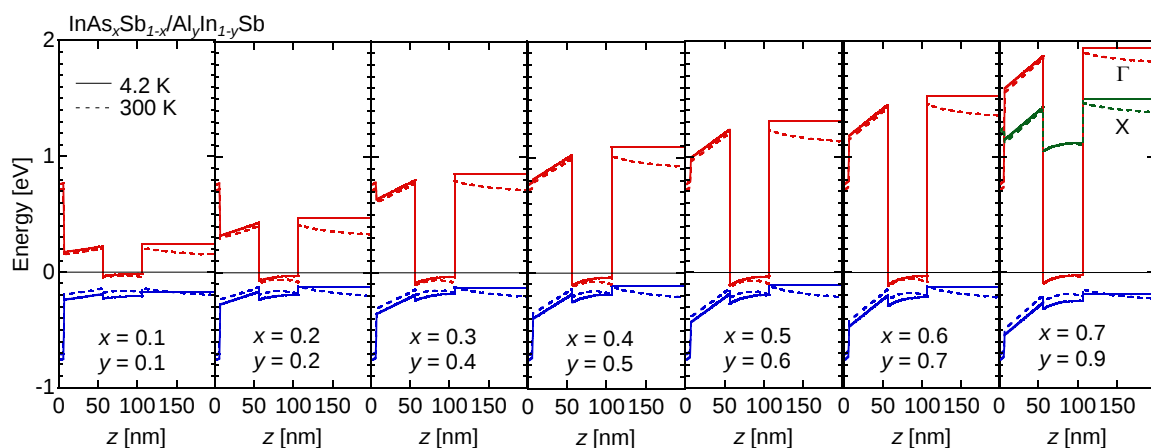


Fig. 1 Energy band diagrams of the InAs_xSb_{1-x}/Al_yIn_{1-y}Sb QWs with respect to As content x.