

Si 上 InAs/GaSb コアシェルナノワイヤ選択成長と電気特性評価

Selective-area growth and characterization of InAs/GaSb core-shell nanowires on Si

北海道大学情報科学研究院および量子集積センター

○蒲生 浩憲、陳 栎安、勝見 悠、本久 順一、富岡 克広

Graduate School of IST and RCIQE, Hokkaido Univ.

○Hironori Gamo, Lian Chen, Yu Katsumi, Junichi Motohisa, Katsuhiko Tomioka

E-mail: gamou@rciqe.hokudai.ac.jp

[はじめに] InAs と GaSb は、高い電子・正孔移動度を有しているため、次世代電界効果トランジスタ(FET)のチャネル材料として期待されている[1]。Sb 系化合物半導体材料は、Sb 原子の高い表面吸着性によって、他の半導体材料と比べて選択成長が困難である。そこで、選択成長ナノワイヤの原子層レベルで平坦なファセット面をテンプレートとすることで、平坦な GaSb 層を形成することができる。本研究では、次世代チャネル応用を目指した Si(111)上の InAs/GaSb コアシェル(CS)ナノワイヤ(NW)選択成長について報告する。

[実験結果] 基板は熱酸化膜(20 nm)を形成した n 型 Si(111)を用い、電子線リソグラフィ、ドライ・ウェットエッチングで形成した。次に、有機金属気相選択成長 (SA-MOVPE) 法で、n-InAs/p-GaSb CS NW を成長した。MOVPE 選択成長法によって、(111)B 極性面を Si(111)基板に形成し、基板と垂直方向に林立した InAs NW を異種集積し[2]、p-GaSb シェル層を形成した。成長条件は、TMGa を 2×10^{-6} atm、TDMASb を 2×10^{-4} atm とした。また、p 型ドーパントとして DEZn を供給した。成長温度(T_g)は、450 - 500°C で変化させ、成長時間は、5 分とした。

次に、縦型二端子構造作製のため、ベンゾシクロブテンにより NW を包埋し、反応性イオンエッチングで NW 上部が露出させ、NW 上部と基板裏面にそれぞれ Ti/Au と Ni/Au を蒸着

し、二端子デバイスを作製した。

[結果] 図 1 に InAs/GaSb CS NW の SEM 像を示す。直径 50 nm、高さ 2.2 μm の InAs NW に対して、NW の高さは変化せず、いずれの成長温度においても NW 側壁に GaSb シェルが横方向成長した。p-GaSb はそれぞれ 12.5 nm、17.5 nm、25 nm であった。成長温度 480°C までは、p-GaSb シェル層は平坦膜になるが、500°C では NW 底部に GaSb が異常成長することが分かった。この傾向は、成長温度の増加で NW 側壁における Ga、Sb 吸着が促進し、表面拡散長が短くなったためと考えられる。

図 2 に二端子デバイスの電流-電圧特性を示す。立ち上がり電圧 0.5 V の整流特性を示し、理想因子は ~ 3.3 であった。理想因子が高い原因として、空乏層幅程度まで薄い p-GaSb シェル層と高いコンタクト抵抗が要因と考えられる。図 3 から、n-InAs/p-GaSb ヘテロ接合はブロークバンドギャップ構造であるが、図 2 において負性微分抵抗は観測できなかった。これは、p-GaSb シェル層の不純物密度が低いことが要因と考えられる。当日は、ナノワイヤの結晶構造評価、バンド構造・電気特性などについて議論する。

[参考文献]

[1] E. Memisevic *et al.*, IEEE IEDM Tech. Dig. **500** (2016).

[2] K. Tomioka *et al.*, Nano Lett., **8** (2008) 3475.

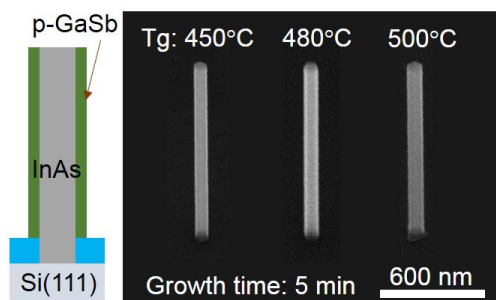


Fig.1 Illustration of InAs/GaSb CS NW on Si and SEM images showing grown InAs/GaSb CS NW.

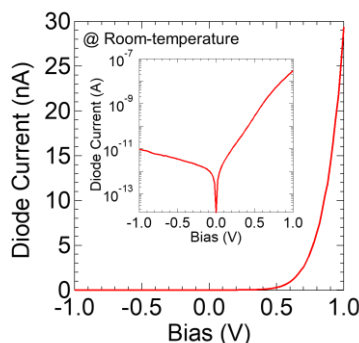


Fig.2 Current-voltage curve of the n-InAs/p-GaSb CS NWs on n-Si.

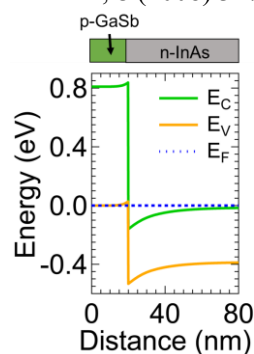


Fig.3 Band diagram and the wavefunction of InAs/GaSb heterojunction.