ナノワイヤ縦型共鳴トンネル電界効果トランジスタの作製

Demonstration of vatical resonant tunneling field-effect transistor with axial heterostructure in nanowire

(1 北海道大学情報科学院および量子集積エレクトロニクスセンター)

○田井 良樹[1]、蒲生 浩憲[1]、本久 順一[1]、冨岡 克広[1]

(Graduate School of IST and RCIQE, Hokkaido Univ.)

○Yoshiki Tai, Hironori Gamo, Junichi Motohisa, Katsuhiro Tomioka

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

[はじめに] 共鳴トンネル電界効果トランジスタ(RTFET)は、共鳴トンネル効果によるバリスティック輸送と急峻なサブスレッショルド特性を実現できるため次世代トランジスタとして期待されている[1-2]。しかしながら、平面型 2 重障壁構造は格子整合系材料の組み合わせに限られることから、RTFET の報告例は少ない。他方、ナノワイヤ(NW)材料は、長軸方向のヘテロ接合構造について、臨界膜厚を薄膜成長よりも厚くできるため[3]、格子不整合系材料を用いた多様な 2 重障壁構造を形成することが可能である。本研究では、格子不整合系 $In_{0.7}Ga_{0.3}As$/GaAs からなる 2 重障壁構造を有した NW 構造を作製し、トランジスタ特性の評価を行った。その結果、出力特性から共鳴トンネル効果に由来すると思われる、負性微分抵抗(NDR)領域が得られたのでここに報告する。

[実験] InP(111)B 基板に SiO_2 膜をスパッタリング法で堆積し、開口部を形成後、有機金属気相(MOVPE) 選択成長法で縦ヘテロ構造を有する InGaAs NW を作製した。成長原料として III 族原料の TMIn、TMGa、V 族原料に AsH_3、ドーパントとして TESn を用いた。

作製した NW は、図 1 に示すように、上部から(a) Sn パルスドープ InGaAs 層、(b)ノンドープ InGaAs 層、(c)InGaAs/GaAs 二重障壁層、(d)ノンドープ InGaAs バッファ層で構成した。成長温度は 670℃とし、InGaAs の V/III 比は 210、GaAs 障壁層の V/III 比は 244 で成長した。次いで、NW 立体加工プロセス [4]で、図 1 の縦型 RTFET 素子構造を作製した。また、同様のプロセスで InGaAs NW FET を作製し比較を行った。

[結果] 図 2 に作製した InGaAs/GaAs 2 重障壁 RTFET の出力特性を示す。この図から、V_{GS} = -0.1 V ～ -0.4 V で NDR 領域が現れ、ゲート電圧 (V_{GS}) の増加で、ピーク電圧が高ドレイン電圧側にシフトする現象を生じた。他方、InGaAs NW FET においても類似した NDR 領域が得られた。図 3 は、ノンドープ InGaAs NW と InGaAs/GaAs 2 重障壁 NW によるダイオードの電流-電圧特性である。いずれも NDR 領域を生じたが、図 3. (b)では、二つの NDR 領域(i)、(ii)を示した。NDR 領域(i)は V = ~1 V 付近で生じているのに対して、NDR 領域(ii)は V = ~1.4 V 付近で生じ高い PVCR 特性 (PVCR = 38.8)を示した。NDR 領域(i)は InP 基板/InGaAs NW 界面のバンドオフセット由来であり、また、NDR 領域(ii)は InGaAs/GaAs 二重障壁による共鳴トンネル効果に由来するものと考えられる。

当日は、NDR 領域と印加電圧の関係について検討する。

[参考文献]

[1] P.Long *et al.*, IEEE EDL, **35** (2014) 12.
[2] K.Agarawal *et al.*, ACS Appl EM, **1** (2019) 5.
[3] F.Glas, Phys. Rev. B,**74** (2006) 121302(R).
[4] H.Gamo *et al.*, JCG, **15** (2018) 500.

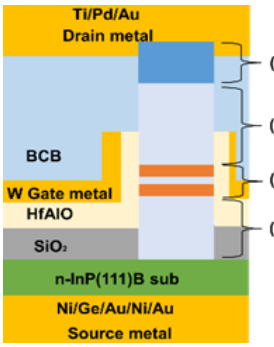


図 1. Schematic structure of double barrier (DB) NW RTFET

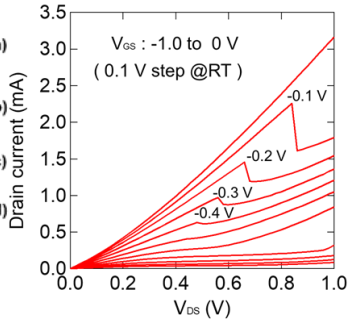


図 2. Output charastaristics of InGaAs/GaAs DB NW RTFET

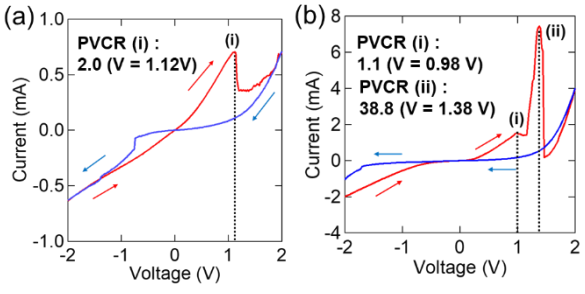


図 3. I-V charastaristics (a)InGaAs NW、(b)InGaAs/GaAs DB NW

© 2022年 応用物理学会