

Si 上の III-V ナノワイヤチャネルの性能向上と酸化膜厚依存性

Gate-first process and EOT-scaling of III-V nanowire-channels on Si

1 北大院情報科学および量子集積センター、2JST さきがけ

○富岡 克広^{1,2}, 吉村 正利¹, 福井 孝志¹GS-IST, and RCIQE, Hokkaido Univ.¹, JST-PRESTO²,○K. Tomioka^{1,2}, M. Yoshimura¹, T. Fukui¹E-mail: tomioka@rciqe.hokudai.ac.jp

[はじめに] 近年、Si-CMOS 技術では、立体ゲート電界効果トランジスタ(Field-effect transistor: FET)が実用化され、大規模集積回路(Large-Scale Integrated Circuits: LSI)のさらなる高速化・低消費電力化へ向けた、代替チャネル材料・トランジスタ構造の開発とその集積技術の検討が行われている。III-V 族化合物半導体のうち InGaAs は、電子の有効質量が小さく、電子移動度が大きいことから、歪 Si チャネルを越える高移動度チャネル材料として期待され、近年では Si 上の InGaAs FinFET[1]やGate-All-Around (GAA)構造の作製も報告されている[2]。立体ゲート構造のうち、縦型サラウンディングゲートトランジスタ(Surrounding-gate transistor: SGT)はゲートの電場がチャネルの全方位にわたって印加されるため、FinFET と比較すると、さらなるショートチャネル効果の抑制、サブスレショルドリーク電流の低減、低電力スイッチ駆動が期待される。筆者らは、Si 上に選択成長した InGaAs ナノワイヤについて、縦型 SGT の報告を行ってきた[3,4]。今回は、縦型ゲート積層工程にゲートファースト工程を導入し、素子性能の向上と酸化膜厚依存性について検討したので報告する。

[実験] 基板は、n 型 Si(111)基板を用いた。はじめに、熱酸化法で膜厚 20 nm の SiO₂ を形成した。次に、電子線ビームリソグラフィとウェットケミカルエッチングにより、直径 80 nm の開口パターンを作製した後、MOVPE 法により、InGaAs ナノワイヤを成長した。InGaAs ナノワイヤの垂直配向は、InAs ナノワイヤと同様の手法[3]を用いた。n 型ドーピングには SiH₄ ガスを用いた。作製したナノワイヤについて、SGT 構造を作製した。作製手法は図 1(a)に示すように、ゲートファースト工程を導入することで、縦型 SGT 構造を作製した。この工程は、酸化膜がプロセスダメージを極力回避するために導入した。作製した素子は、一つのドレイン電極に 10 本のナノワイヤが並列して接続している。ナノワイヤの直径は 80 nm, Hf_{0.8}Al_{0.2}O₂ ゲート酸化膜厚は、4 nm – 14 nm (EOT = 0.70 – 2.76 nm), ゲート長(L_G) 150 nm とした[図 1(b)]。それぞれ InGaAs ナノワイヤは、ノンドーブ層、n 型層縦接合から構成されている。

[結果] 図 2 に、InGaAs ナノワイヤ SGT の伝達特性を示す。電流値は、ナノワイヤの数とゲート電極の外周で規格化した。デバイス作製後 N₂ 雰囲気中 400 °C でアニールした。今回作製したナノワイヤ SGT は n 型エンハンスメントモードを示し、伝達特性において、オン・オフ比(I_{on}/I_{off})がおおよそ 10⁵、SS 特性 66 mV/dec、DIBL が 33 mV/V の良好なスイッチング特性を得られた。また、相互コンダクタンスは 0.21 mS/μm (V_{DS} = 0.50 V)である。図 3 に、これまでに報告された InGaAs ナノワイヤ縦型 SGT の SS, DIBL との比較を示す。ゲート酸化膜のプロセス損傷を極力回避することで、ゲート酸化膜を薄膜化し、EOT = 0.70 nm で良好なスイッチング性能を示すことが分かる。当日は、スイッチング性能の EOT

依存性、容量-電圧特性、変調ドーブ構造の導入効果について詳細を報告する。

[参考文献]

- [1] M. Radosavljevic *et al.*, IEDM Tech. Dig. (2011) pp.765.
- [2] J. J. Gu *et al.*, IEDM Tech. Dig. (2012) pp. 529.
- [3] K. Tomioka *et al.*, IEDM Tech. Dig. (2011) pp. 773.
- [4] K. Tomioka *et al.*, Nature **488** (2012) pp. 189.

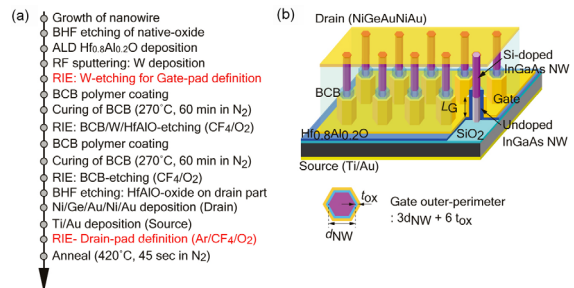


図 1. (a) 縦型 SGT 作製工程:ゲートファースト工程(赤字)と(b)縦型 SGT 構造模式図

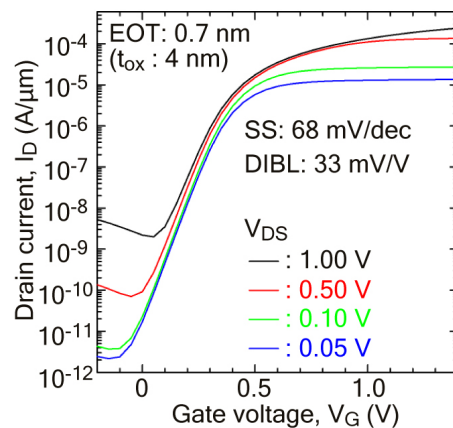


図 2. InGaAs ナノワイヤ SGT の伝達特性(I_D-V_G)

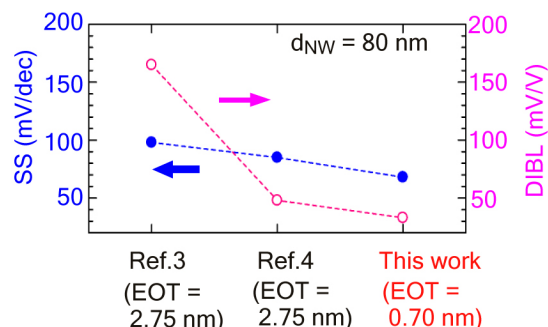


図 3. InGaAs ナノワイヤ SGT の SS, DIBL の比較