

チャネル膜厚スケリングによる UTB-GeOI 中の電子移動度の向上

Channel thickness scaling induced electron mobility enhancement in UTB-GeOI

産総研¹, [○](P)張文馨¹, 入沢寿史¹, 石井裕之¹, 服部浩之¹, 太田裕之¹, 高木秀樹¹,
倉島優一¹, 内田紀行¹, 前田辰郎¹

AIST¹, [○]W. H. Chang, T. Irisawa, H. Ishii, H. Hattori, H. Ota, H. Takagi,
Y. Kurashima, N. Uchida, and T. Maeda

E-mail: wh-chang@aist.go.jp

【背景】高性能 Ge CMOS の実現には、微細化と高速性に優れた UTB-GeOI 構造が望まれる。しかしながら、従来の GeOI 構造は、膜厚を薄くすると、結晶や界面構造の劣化、膜厚揺らぎなどから移動度が大幅に下がることが知られており^[1,2]、将来の CMOS 応用に大きな課題となっている。本研究では、独自に開発した HELLO 法^[3]を用い、より高品質な GeOI 構造を作成し、精密なチャネル膜厚制御により、10nm 以下の UTB-GeOI nMOSFETs の電子移動度膜厚依存性を検証した。

【実験】HELLO 法で作成した 200 nm 厚の高品質 GeOI 基板に n+イオン注入を行い、S/D 領域の高濃度層を形成した。そこからチャネル領域をリセスし、膜厚 3~13 nm の超極薄 GeOI チャネル構造を作成した (図 1)。ゲートスタック構造には、Al₂O₃ 絶縁膜と TaN ゲートを堆積し、S/D コンタクトには IAG 法^[4]を用いて、低温で低抵抗コンタクトを形成した。

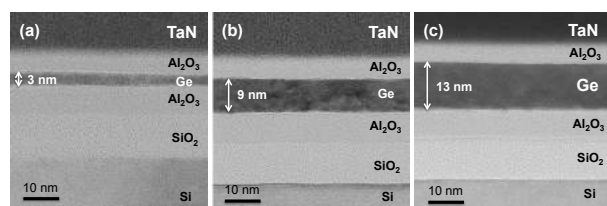


Fig. 1 TEM images of recessed GeOI channel with TaN/Al₂O₃ gate stack for Ge body thickness (T_{body}) of (a) 3 nm, (b) 9 nm and (c) 13 nm, respectively. UTB GeOI substrates with high crystal quality down to T_{body} of 3 nm have been successfully fabricated through HEtero-Layer-Lift-Off (HELLO) technology.

【結果及び考察】図 2 は、チャネル膜厚 3 nm における UTB-GeOI nMOSFETs の I_D - V_D と I_D - V_G 特性である。膜厚を 3 nm にまで薄くしてもその良好な電気特性が得られることを確認した。図 3(a)に G_m の膜厚依存性を示す。GeOI 構造が 13 nm から 3 nm に超薄膜化することで G_m のピーク値が

徐々に増加する現象をはじめて観測した。寄生抵抗はすべて同じあることから、 G_m の増加は電子移動度増大を意味する。実際の電子移動度の N_s 依存性を Split CV 法から求めた (図 3(b))。13 nm から 3 nm に薄膜化するにつれて、 N_s の広い領域で電子移動度は急激に上昇しており、チャネル薄膜化に伴う新たな移動向上現象の存在がわかる。第一原理計算から^[5]、GeOI を [001] 方向に 10 nm 以下に薄くすると、Ge のバンド構造が大きく変化し、有効質量の小さいキャリアの増大により、電子移動度を上げる可能性が示唆されており、今回の結果は、そのナノ構造化に伴う新しい電子輸送現象を実験的に捉えたものと考えられる。

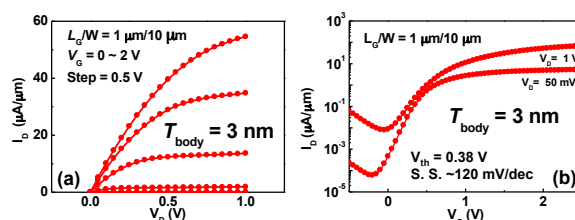


Fig. 2 (a) I_D - V_D and (b) I_D - V_G characteristics of a 3-nm-thick UTB GeOI nMOSFET.

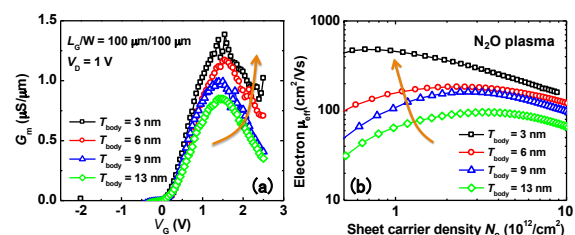


Fig. 3 (a) G_m - V_G curves at V_D of 1 V of the UTB GeOI nMOSFETs. (b) T_{body} dependence of effective electron mobility characteristics for recessed channel UTB GeOI nMOSFETs.

【参考文献】

- [1] C. H. Lee et al., *IEEE Int. SOI Conf.* 1 (2011).
- [2] X. Yu et al., *IEDM* 20 (2015).
- [3] T. Maeda et al., *APL* **109**, 262104 (2016)
- [4] W. H. Chang et al., *EDL* **37**, 253 (2016).
- [5] J. Yamauchi et al., *TSF* **508**, 342 (2006).