

合成電界効果によるフィン型トンネルFETの性能向上

Performance enhancement of tunnel FinFET by synthetic electric field effect

産総研 GNC、[○]森田行則、森貴洋、右田真司、水林亘、田邊顕人、福田浩一、
遠藤和彦、松川貴、大内真一、柳永勲、昌原明植、太田裕之

GNC-AIST, [○]Y. Morita, T. Mori, S. Migita, W. Mizubayashi, A. Tanabe, K. Fukuda,
K. Endo, T. Matsukawa, S. O'uchi, Y.X. Liu, M. Masahara, and H. Ota

E-mail: y.morita@aist.go.jp

〔はじめに〕 LSI の省電力化実現のためトランジスタの動作電圧低減が試みられている。しかし従来の回路で用いられている MOS トランジスタ (MOSFET) のサブスレッショルド・スイング (SS) は 60 mV/decade の物理限界を持つことから大幅な低電圧化は困難である。この限界を下回る方策として MOSFET とは異なる動作原理に基づく新原理デバイスが待望されている。半導体のバンド間トンネル現象を利用したトンネル電界効果トランジスタ (Tunnel FET, TFET) はその有力な候補として期待されている。しかし、TFET ではトンネル輸送を利用するその原理上、MOSFET に比較してドレイン電流が小さく、実際の回路に適用する際の課題となっていた。

今回我々は、静電支配力強化による性能向上を目指し、新規なトランジスタ構造を採用した TFET を開発した。[1]

〔実験〕 今回作製した新構造トンネル FET では、高濃度に不純物を注入したソース上に、極めて薄いノンドープチャネルをエピタキシャル成長させた後、加工して、2 層構造の Fin チャネル周囲にゲートを配置して立体構造のマルチゲートトランジスタとした。従来のトンネル FET では、ゲート電極からの電界に対し垂直 (Fig. 1(a))、または平行 (Fig. 1(b)) な電界のみの効果によって電流をオン・オフする設計となっていた。それに対し今回開発した構造では、立体加工したチャネル側壁面の高濃度ソースとノンドープチャネル層の界面で、縦方向と横方向の電界を重畳させることで、従来よりも強い電界をかけることができる (Fig. 1(c), (d))。この新構造のトンネル FET を「合成電界トンネル FET (Synthetic electric field Tunnel FET: SE-TFET)」と呼ぶ。

〔結果〕 従来のトンネル FET と今回開発した SE-FET での性能を比較したところ、SE-FET では従来のトンネル FET に比べて 10 ~ 100 倍のドレイン電流が得られた。Fig. 2 は合成電界 TFET のドレイン電流と Fin 幅との関係を示す。(a) における、Fin 幅が増加するに従いドレイン電流が比例的に増加する傾向は通常のプレーナ構造のトランジスタと同様であるが、Fin 幅 = 0 での電流値は、合成電界効果による Fin チャネル側壁近傍領域での電流に対応する。(b) は Fin 幅縮小による、規格化ドレイン電流の増大を示す。規格化したドレイン電流の値は、Fin 幅が減少するに従い増大しており、チャネル側壁近傍領域の電流の効果が大きく、FinFET 類似の狭チャネル構造が有利であることを示している。今回の合成電界トンネル FET はシリコンを用いたが、Ge や III-V 半導体を用いたトンネル FET でも、今回の構造は効果を発揮できると考えられる。

References [1] Y. Morita, et al., Symp. VLSI Tech. Dig. (2013) T236.

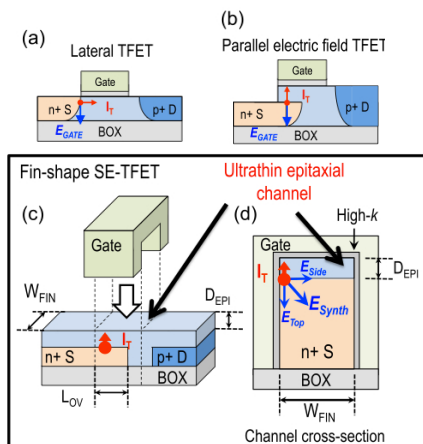


Fig. 1 Device structures of (a) lateral, (b) vertical, and (c) fin-shape synthetic electric field (SE) TFETs. (d) Channel cross-section of the double-layer fin channel.

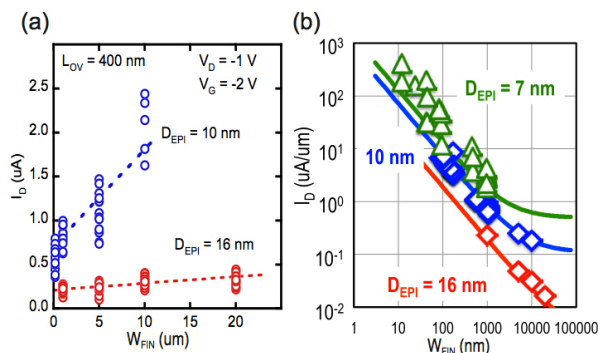


Fig. 2 Relationships between I_D and W_{FIN} of the p-SE-TFETs. (b) Relationship between I_D per fin width and W_{FIN} in the p-SE-TFETs. A FinFET-like thin W_{FIN} structure is promising for the enhancement of I_D .