

シリコンナノワイヤ FET 研究の現状とロードマップ作成の考え方

Current Status of Silicon Nanowire FET Research and Concept for the Roadmap Formation

東工大フロンティア研¹, 東工大総理工², 筑波大物理³, 早大ナノテクノロジー研⁴ ○岩井 洋¹, 名取研二³, 白石賢二³, 山田啓作⁴, 大毛利健治⁴, 筒井一生², 角嶋邦之², Parhat Ahmet¹

Tokyo Tech. FRC¹, Tokyo Tech. IGSSE², Univ. of Tsukuba³, Waseda Univ. INN⁴, ○H. Iwai¹, K. Natori³, K. Shiraishi³, K. Yamada⁴, K. Ohmori⁴, K. Tsutsui², K. Kakushima², P. Ahmet¹

iwai.h.aa@m.titech.ac.jp

ITRS2008 Updated ではゲート長の微細化のトレンドが中長期的には 5 年程後倒しになり、プレーナ型のバルク CMOS の寿命が大幅に延長されることになったが、CMOS 微細化と低電圧化（即ち低閾値電圧化）の限界を律するものはソース・ドレイン間のオフ電流（サブスレッショールドリーク電流）である。これを改善するにはスケーリングに則った微細化を徹底させることであり、そのための High-k、メタルシリサイドソース・ドレインなど各世代で極限 CMOS 技術が少なくとも今後 10 数年に亘って重要であることに変わりはない。しかしながら、プレーナ CMOS 構造のままではオフ電流増加の抑制が困難で、遅くとも 2020 年から 2030 年の間のどこかで微細化・低電圧化の限界を迎えることが確実視されている。オフ電流を抑制する手段としてはチャネルをぐるりと完全に囲んだナノワイヤ FET が究極の構造であり、プレーナ CMOSFET が微細化・低電圧化の限界を迎えた暁にはナノワイヤ CMOSFET がこれを置き換えることが確実視されるようになってきた。ITRS では今後の有望な CMOS デバイス技術としてナノワイヤ・チューブ FET と GaAs や Ge などの Alternative Channel FET の 2 つを挙げているが Alternative Channel となっても最終的にはワイヤ構造が要求されることは間違いない。

オフ電流を抑制した上で必須な項目は低電圧下での高伝導、即ち高電流駆動力である。ワイヤ・チューブ FET はその円周が 1 本のチャネル幅になるが、ワイヤ・チューブを隙間なく敷き詰めることはリソ限界により不可能であるので疎らな配置となり、その世代のリソの能力にも依るがプレーナ FET と比べ単位幅あたりのトータルチャネル幅が不利となる。従ってどれだけ稠密に敷き詰めることが可能かということと、1 本あたりどれだけの高駆動電流が得られるかが鍵となる。シリコンのナノワイヤ FET は、加工の容易性と従来プロセスとの整合性から、トップダウンで形成が可能であり、またゲート絶縁膜の界面特性も従来の SiFET のものと同様であることが予想されるため、ナノワイヤ・チューブ FET の中でも集積回路に実現可能な現実的デバイスとして近年世界的関心を集め、多数の研究報告がされるようになってきた。高い駆動電流結果も報告されるようになり、単位幅あたりの駆動力でプレーナ FET を凌駕するところまであと一息のところまで来ている。

シリコンナノワイヤはそのナノワイヤ径や歪み、方向によって特異なバンド構造を示し、バルクシリコンのそれとは大きく装いを異にする。一次元伝導チャネルを利用したトランジスタの電気特性はチャネルのバンド構造で決定されるため、実用化にはまずその特徴を捉えることが必要である。また、ソース・ドレインの形成方法やナノ領域におけるシリサイドの拡散や反応など従来のモデルをそのまま適応できないケースがある可能性があり、トランジスタを構成する各要素研究を十分に再考する必要がでてくる。

2007 年度経済産業省の 5 年間に亘るプログラム「ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発うち新材料・新構造ナノ電子デバイス」が開始されたが、この下で我々のチームはシリコンナノワイヤトランジスタの潜在的な性能を予測し、その特性を引き出すために必要な技術とその研究項目を挙げることで、技術ロードマップを作成することとなった。さらに従来のロードマップのように性能指数やデバイス寸法を示すだけでなく、シリコンナノワイヤゆえに見られる現象を捉え、科学（サイエンス）ロードマップ作成にも着手することをターゲットとしている。

本講演では研究の内容およびその途中経過を報告する。