

グラフェン共鳴トンネル電界効果トランジスタの素子性能解析

Tight binding analysis for device characteristics of graphene resonant tunnel FETs

○鈴木俊英¹、マノハラン・ムルガナタン¹、水田博^{1,2}

¹北陸先端科学技術大学院大学、²サザンプトン大学

○Shun'ei Suzuki¹, Manoharan Muruganathan¹, Hiroshi Mizuta^{1,2}

¹JAIST, ²Univ. of Southampton

E-mail: shun-suzuki@jaist.ac.jp

【背景】現在、MOSFET の代替となる新奇スイッチング素子として、低オフリーク電流、 S (Subthreshold)係数 < 60 mV/dec を実現できるトンネル電界効果トランジスタ(TFET)が注目されている。特に、グラフェンナノリボン(GNR)をベースとしたグラフェン TFET(GTFET)は、GNR 幅によりバンドギャップを小さく制御できるため、従来の TFET では達成困難な高い ON 電流の実現が期待できる。しかし、GTFET に関する研究は、理論・実験共に報告例が少なく、動作原理や性能限界が不明確である。前回の発表で、我々は電極-チャネル間に形成されるトンネル障壁を介した共鳴トンネリングで動作するグラフェン共鳴 TFET (GRTFET)について報告した。この構造では、 $S = 38.5$ mV/dec、 $I_{ON} = 14.8$ mA/ μ m が得られ、アンビポーラ特性も見られた^[1]。

【解析方法】今回、我々は Self-consistent Extended Hückel 法による Tight-Binding 計算を行い、Transmission spectrum から Landauer-Büttiker の式より電流値を求め、回路シミュレーションを行うために必要な伝達特性と出力特性、相互コンダクタンスなどのパラメータの計算を行った。

【解析結果】以前解析した GRTFET 構造において、真性チャネル長を 5.7 nm から 10 nm まで長くした結果、 $V_{DS} = 0.5$ V において、 $S = 19.0$ mV/dec、 $I_{ON} = 18.7$ mA/ μ m、 $I_{OFF} < 1$ fA/ μ m を得た。これは、真性チャネル領域が長くなったことで、共鳴ピークの半値幅が小さくなったことに起因している。今回は、主に GRTFET の出力特性と伝達特性のバイアス依存性について解析した。出力特性では、 $V_{G2} = 5.0$ V の場合に、 $V_{DS} = 0.3$ V 以上で $I_{ON} > 10$ mA/ μ m となり、飽和電流が 1 mA/ μ m 程である MOSFET^[2]を超える電流値が得られた(図 1)。また、伝達特性のバイアス依存性を計算した結果、 V_{DS} の増加に伴い、 $S < 60$ mV/dec を示す V_{G2} 領域が高電流領域で拡大する傾向が見られた (図 2)。局所状態密度スペクトル解析(図 3)から、 V_{DS} の増加でトンネル帯域(白破線で挟まれた領域)内の共鳴準位が多くなることに起因すると考えられるが、詳細については当日議論する。

【謝辞】本研究は独立行政法人科学技術振興機構(JST)の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム」の支援によって行われた。

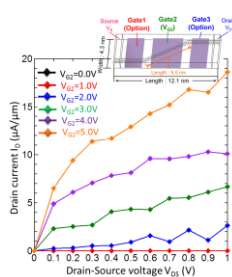


図 1. 出力特性

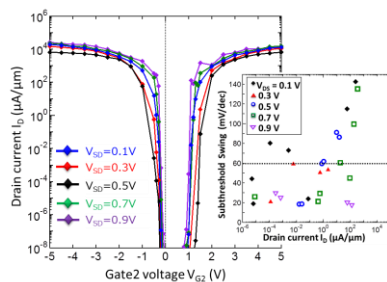


図 2. 伝達特性のバイアス依存性

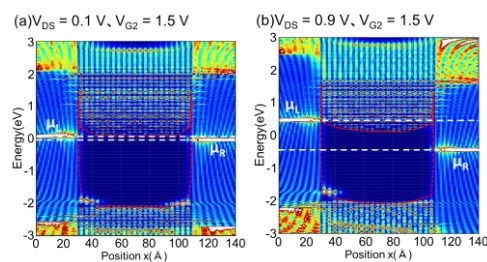


図 3. Local device density of states

【参考文献】 [1] 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 15a-2T-7

[2] C. Auth, *et al.*, Symposium on VLSI Technology, 2012