GNR/hBN 共鳴トンネルトランジスタの NEGF シミュレーション NEGF Simulation of GNR/hBN Resonant-Tunneling Transistors 阪大工¹, JST CREST² 枝川 卓也¹, 森 伸也^{1,2} Osaka Univ.¹, JST CREST² Takuya Edagawa¹, Nobuya Mori^{1,2} E-mail: edagawa@e3.eei.eng.osaka-u.ac.jp

グラフェンの電子デバイス応用に向けて,グラフェンと六方晶窒化ホウ素 (hBN) から成るヘテ ロ構造が注目されている [1] . hBN をトンネル障壁に持つグラフェン共鳴トンネルトランジスタに おいて,大きな負性微分抵抗が観測されている [2] . この共鳴トンネル電流の起源として,有限波 数範囲に限られた弾性散乱ポテンシャル [2],もしくはグラフェンと hBN の面方位の不一致 [3] な ど外因的な機構に基づくモデルが提案されている.本研究では,グラフェンナノリボン (GNR) で 構成される GNR/hBN 共鳴トンネルトランジスタに着目し,非平衡グリーン関数 (NEGF) 法を用い て,その電流電圧特性を計算した.

図1にデバイス構造を示す.活性層は,下部GNR ソース,上部GNR ドレイン,それらの間の hBN トンネル障壁から成る.活性層は,hBN 基板上にあり,その下にSiO₂ 絶縁膜を介して,Si ゲート電極がある.ソース電極に対して,ゲート電極に電圧 V_g,ドレイン電極に電圧 V_dを印加し た時のドレイン電流 *I*を,強結合近似に基づく NEGF 法を用いて計算した.

原子数が5であるナノリボン幅の金属的アームチェアGNRを活性層に持ち,トンネル障壁が1 原子層 hBN のデバイスにおける,電流電圧特性の計算結果を図2に示す.チャネル部分の長さを L=852 nm とした.また,強結合近似のパラメータは文献[4]の値を用いた.図の計算は,弾道輸 送条件における結果であるが,測定結果[2]と同様な共鳴ピーク構造が得られた.このことから, 共鳴トンネル電流に外的な要因は必ずしも必要でないことが分かる.また図の電流電圧特性には, 大きな共鳴構造の上に,細かな振動成分が現れている.これは,チャネル端における反射に起因 しており,位相緩和過程であるフォノン散乱を導入すると減衰した.

[1] L. Britnell *et al.*, Science **335**, 947 (2012). [2] L. Britnell *et al.*, ICPS 2012, 6.1. [3] R. M. Feenstra *et al.*, J. Appl. Phys. **111**, 043711 (2012). [4] J. Slawinska *et al.*, Phys. Rev. B **81**, 155433 (2010).



Fig. 1 [left]: Schematic of a GNR/hBN resonant-tunneling transistor. **Fig. 2** [right]: Drain-current, *I*, as a function of drain-voltage, V_d , for different gate-voltage, V_g , under the ballistic condition.