

非対称ゲート GaAs ナノワイヤ電子ブラウンラチェット特性の構造依存性

Structural Parameter Dependence of Electronic Brownian Ratchet Characteristics
in GaAs-based Nanowire with Asymmetric Gates北大情報科学研究科および量子集積センター, [○]阿部遊子, 田中貴之, 葛西誠也

Graduate School of Info. Sci. Tech. and RCIQE, Hokkaido Univ.,

[○]Yushi Abe, Takayuki Tanaka, and Seiya KasaiEmail: y-abe@rciqe.hokudai.ac.jp

【はじめに】非対称ポテンシャルを周期的に配列し生成・消滅を繰り返すと、ポテンシャル中の粒子の運動方向が偏り、流れが生じる。この機構はブラウンラチェットと呼ばれる[1]。我々はブラウンラチェットを電子的に利用するデバイスとして、GaAs ナノワイヤに非対称ゲートを周期的に配置したデバイスを設計・試作し、フラッシングラチェットによる電流生成に成功した[2]。本報告では、デバイス構造の最適化による電流生成効率の向上を目的とし、デバイス構造パラメータと生成電流の関係を評価した。

【実験方法】デバイス構造と測定回路を図 1 に示す。ナノワイヤ幅を $W = 350, 500, 680, 720$ nm としたデバイスを試作し、フラッシング電流を評価した。フラッシングは、すべての非対称ゲートに同時に振幅 $V_{PP} = 1$ V の方形波を入力し、ナノワイヤ両端のバイアス = 0 V にて流れる平均電流 I_{NET} を測定した。得られたフラッシング周波数依存特性から転送率を評価した。転送率は次式で与えられるフラッシングラチェット電流理論式[2]と実験結果との比較より得られる。

$$I_{NET} = \beta \times (D + L_G) W \times e n_s \times f \quad (1)$$

ここで D はゲート間隔, L_G はゲート長, W はナノワイヤ幅, n_s は電子密度, e は電荷素量, f はフラッシング周波数, β は転送率である。

【実験結果】試作デバイスのフラッシング周波数依存特性を図 2(a)に示す。ナノワイヤ幅を縮小すると周波数依存性が強くなりフラッシング電流は増加した。これは式(1)の W 依存性に反する結果である。図 2(b)にフラッシング電流特性から得られた転送率のナノワイヤ幅 W 依存性を示す。転送率 β はナノワイヤ幅の縮小に伴い 1%

から 30%まで改善している。これはナノワイヤが細くなるほどポテンシャルの非対称性が明瞭になること、および、電子の運動が 1 次元に制限されフラッシングによる電子の移動が効率的に電流に転嫁されるためと考えられる。前者については、3 次元ポテンシャルシミュレーションにより確認することができた。ナノワイヤ幅の縮小、非対称ゲート形状の最適化によりさらなる転送効率の向上が期待できる。

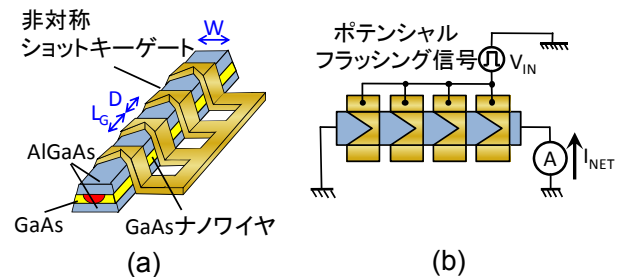


図 1 (a)デバイス構造と(b)測定回路

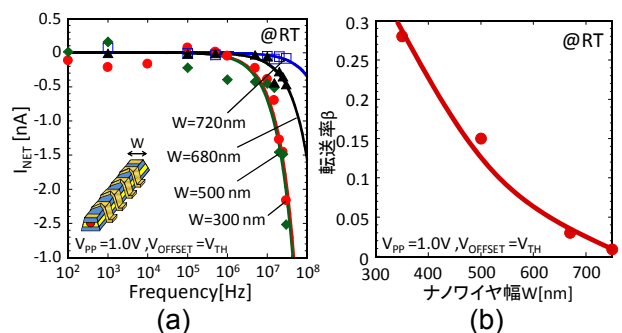


図 2(a)フラッシング電流の周波数依存性 (b) 転送率のナノワイヤ幅依存性

参考文献

- [1] R. P. Feynman et al., vol. 1, Addison-Wesley, Reading, MA, 1966.
[2] T. Tanaka et al., JJAP 52(2013) p.06GE07.