

単電子トランジスタの超短パルス応答に関する検討

Study on Ultrashort Pulse Response of Single-Electron Transistor

静岡大院・総合科学技術¹、静岡大・電子研² (M1)西村 智紀¹, Alka Singh¹,

木村 安希¹, 佐藤 弘明^{1,2}, 猪川 洋^{1,2}

GSIST, Shizuoka Univ.¹, RIE, Shizuoka Univ.² (M1)Tomoki Nishimura¹, Alka Singh¹,

Yasuki Kimura¹, Hiroaki Satoh^{1,2}, Hiroshi Inokawa^{1,2} E-mail: inokawa.hiroshi@shizuoka.ac.jp

【緒言】単電子トランジスタ (SET: single-electron transistor) は、CR 時定数から予想される遮断周波数を超える周波数領域でも整流作用が持続することが実験的に示されている[1]。さらに我々は時間依存のマスター方程式を解くことにより、オフセットの無い連続波 (CW) に対する整流作用の起源が明らかにした[2]。今回、ガウス形超短パルス波を加えた場合の整流作用について検討したので報告する。

【解析】単電子島中の電子数 n を $-1, 0, 1, 2$ の 4 状態を考慮したマスター方程式を用いた。Fig. 2 に印加したパルス波形を示す。今回、パルス波形は $V(t) = V_a e^{-t^2/2\sigma^2} \sin(2\pi f t)$ を想定している。

【結果】Fig. 3 には連続波を、Fig. 4 には超短パルス波を印加したときの整流電流を示す。CW を印加した場合、高周波領域でもクーロンブロッケイド領域境界で整流作用が持続している。一方、超短パルスを印加した場合、右上に向かうクーロンブロッケイド領域境界のみが存続し、右下に向かう境界は消滅していることが分かる。SET のドレイン電流は状態確率 $p(n)$ と電子数 n から m への変化を生じるドレイン接合でのトンネリングレート $G_{d,n,m}$ を用いて、主たる項のみで表すと $I_d \sim e \times [p(1) \times G_{d,1,0} - p(0) \times G_{d,0,1}]$ となる。 $G_{d,1,0}$ と $G_{d,0,1}$ をプロットした結果を Fig. 5 に示す。これより、超短パルスに対する SET 整流作用は $G_{d,1,0}$ と $G_{d,0,1}$ が大きく変化する箇所で生じることが分かった。CW と超短パルスでは、右下に向かう境界での $p(n)$ の振る舞いが異なると推察される。

【謝辞】有益な討論を頂いた東大生研・平川一彦教授、杜少卿博士に謝意を表します。

【参考文献】[1] Y. Takahashi, et al. ECS Trans. 58(9) 73-80 (2013), [2] A. Singh, et al. 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 17p-F210-6

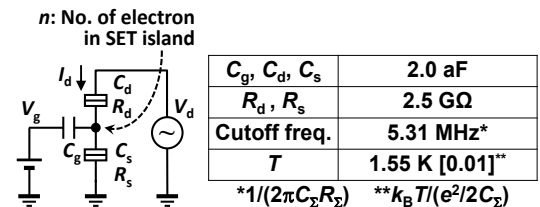


Fig. 1 Test circuit and related parameters.

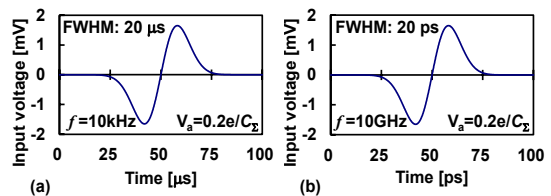


Fig. 2 Pulse waveforms. (a) Long and (b) ultrashort pulses. Note that FWHM=2.35σ.

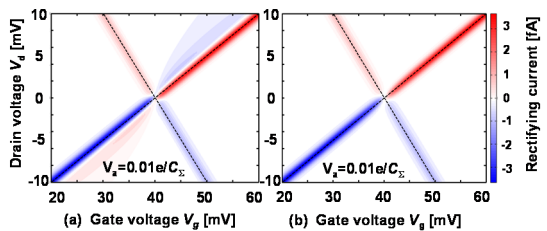


Fig. 3 Contour plots of the rectifying current for (a) low-frequency (1 kHz) and high-frequency (100 MHz) CW signals. $V_a: 0.27 \text{ mV} (=0.01e/C_g)$

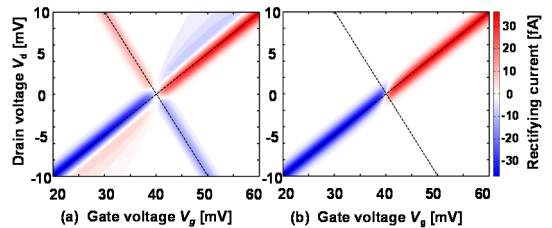


Fig. 4 Contour plots of the rectifying current for (a) long and (b) ultrashort pulses.

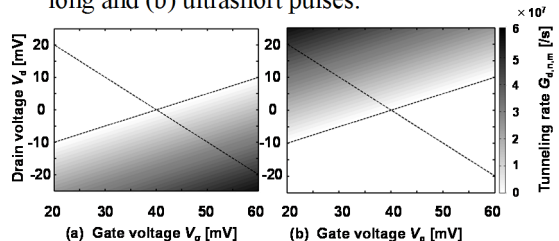


Fig. 5 Contour plots of the tunneling rate. (a) $G_{d,0,1}$ and (b) $G_{d,1,0}$