

短い滞在時間の RTN による平均電流分布密度のモデル化 Analytical modeling of RTN-induced current distribution with short dwell time

産総研 先端半導体研究センター ○上嶋 和也, 間部 謙三, 林 喜宏

SFRC, AIST, °Kazuya Uejima, Kenzo Manabe, Yoshihiro Hayashi

E-mail: kazuya.uejima@aist.go.jp

【背景】RTN (Random Telegraph Noise) が、微細化が進んだトランジスタやメモリの動作に与える影響が懸念される [1, 2]。基本的には、RTN が及ぼす最悪の状況を想定したデバイス・回路設計によってこれらは回避されるべきである。一方、回路動作の最短時間に比べて滞在時間の十分短い RTN の場合、回路動作中の平均電流はほぼ一定値に見えるため、回路動作に与える影響が予測しにくい。従って、RTN による平均電流分布の厳密な解析式を検討することには意味がある。

【モデル化】RTN 電流の時間変化を微小時間に分割したうえで場合の数を計算し、出現確率との積和を極限操作して、与えられた時間における平均電流の確率密度を解析的に算出した (fig. 1)。

【検討結果】Fig. 2 に、積分時間を変えながら測定した、同一トランジスタの RTN 電流の時間依存性と測定電流分布密度を示す。それによると、積分時間が短いと測定電流は2値化されるが、積分時間が長くなると中間電流が出現し、最終的には1つの電流値に収束した。次に、これらの電流分布に、モデル式をフィッティングした。すると複雑な変化にも関わらず、実測結果を再現できた。Fig. 3 に、抽出された平均滞在時間の測定積分時間依存性を示す。積分時間に依存せず一意な平均滞在時間が抽出できており、滞在時間分布から求めた従来手法の値とも一致した。すなわち、積分時間によらず本モデル化が正しく行われていると言える。見方を変えれば、積分時間よりも短い滞在時間であっても本モデルは正しいと考える。

【まとめ】RTN による平均電流分布の解析モデルを構築し実測結果を再現できた。本手法を用いれば、滞在時間のごく短い RTN による回路動作への影響を定量的に予測できる可能性がある。

この成果の一部は、NEDO (国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構) の「ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業」(JPNP20017) の助成事業の結果得られたものです。

[1] Qianying Tang et al., "Characterizing the Impact of RTN on Logic and SRAM Operation Using a Dual Ring Oscillator Array Circuit," JSSC, vol. 52, iss. 6, pp. 1655-1663, 2017. [2] 木村 他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会 (2020) [12p-A305-1].

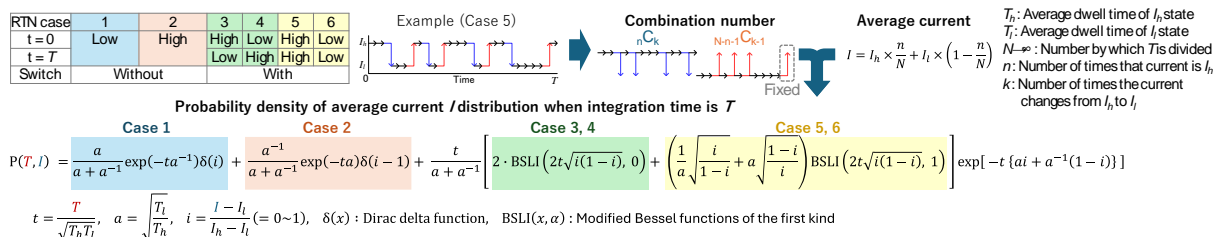


Fig. 1 RTN modeling and probability density function of average current distribution.

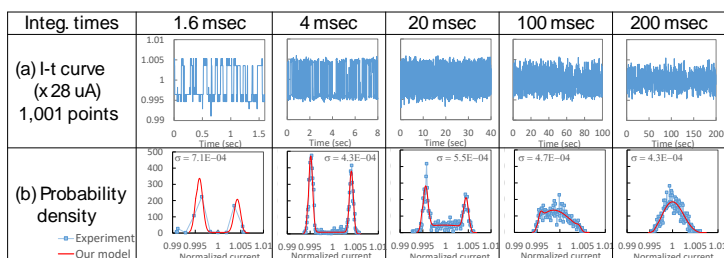


Fig. 2 Experimental I_d -RTN and current distributions of the nFET with $L/W = 140/130$ nm and $V_d/V_g = 0.65/0.525$ V. Red lines show fitting curves considering measurement error σ by analytical function in fig. 1.

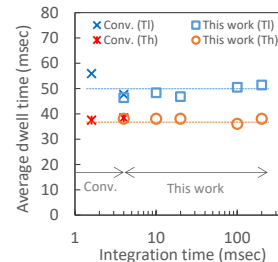


Fig. 3 Extracted average dwell times. (Conv.: From dwell time distribution)