FinFET 型スピン量子ビットの電子数制御に関する SPICE コンパクトモデルの提案

SPICE compact model of spin qubits using FinFET focusing on single-electron tunneling

帝京大理工 [1], パンアメリカン大 [2],(M1) Elias Perez[1,2], Teresa. T. Orvañanos-Guerrero[2], ○棚本哲史 [1]

Teikyo Univ. [1], Universidad Panamericana [2], Elias Perez[1,2], Teresa. T. Orvañanos-Guerrero[2] ,
○Tetsufumi Tanamoto[1]

E-mail: tamamoto@ics.teikyo-u.ac.jp

1．はじめに

フィン型電界効果トランジスタ (FinFET) に基づくスピン量子ビット[1]の制御回路シミュレーション用に、Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis(SPICE)コンパクトモデルを提案する。 SPICE モデルは、通常の FinFET（BSIM モデル）と量子ビット内電子数を記述する単一電子トンネリングモデルから構築される。特にクーロン振動のパラメータ依存性を調べた。

2. SPICE コンパクトモデル

右図が電子数制御コンパクトモデルである。チャネル部分に量子ビットとして量子ドットがトンネル接合を介して接続する。量子ビットに注入する電子数制御を表すため、単一電子モデル[2]を用いた。チャネル部分は FinFET[3]を二つ接続するというモデルを用いた。

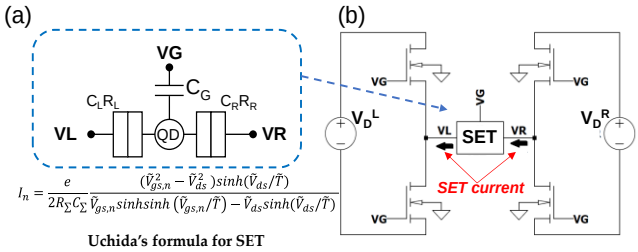

図 1: FinFET に囲まれた QD の SPICE コンパクトモデル。 (a) 単一電子トランジスタ (SET)。 (b) FinFET を使用した QD コンパクト モデル。

3. 計算結果

量子ビットにはクーロンブロッケイド効果が働くことから、電子数制御はクーロン振動の観測を通して、制御される。図３，図４がキャパシタンス及びゲート長 L を変えたときの SET 電流と左右の FinFET の電圧差である[4]。

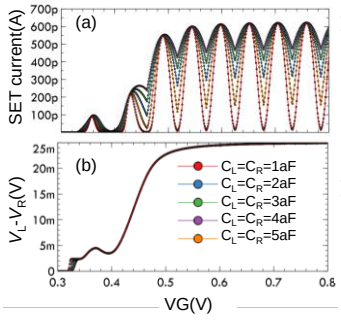

図 2: ゲート電圧 VG の関数としての容量依存性 (a) SET 電流、および(b) QD にかかる電圧。

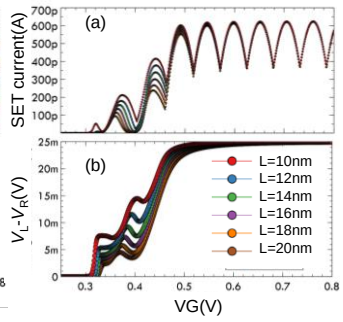

図 3: ゲート電圧 VG の関数としてのゲート長 (L) 依存性 (a) SET 電流および (b) QD にかかる電圧。

4. まとめ

HSPICE を使用した スピン量子ビットの SPICE コンパクト モデルを提案した。電子数制御が FinFET で可能なことを示した。

[1] T. Tanamoto, and K. Ono, AIP Advances 11, 045004(2021). [2] K. Uchida, et al., JJAP39, 2321 (2000). [3] https://ptm.asu.edu/.[4] E. Perez et al., SSDM2022

(*)本研究の一部は、NEDO.の委託業務(JPNP16007)の結果得られたものである。