

1-2-4

熱雑音を利用して室温で動作する多重ナノドット連想処理回路

広島大学工学部 森江 隆, 松浦知宏, 永田 真, 岩田 穆

A Multi-Nanodot Associative Processing Circuit Operating at Room Temperature by Using Thermal-Noise

T. Morie, T. Matsuura, M. Nagata, A. Iwata

Department of Electrical Engineering, Hiroshima University

我々は既に量子ドット間のクーロン反発力を利用した連想処理回路 (図1) を提案している[1]。これは、ドット列中央部の3個のドットのいずれかに置かれた電子 e_M が、ドット列端の情報ドット De の電子の有無により安定化位置が変わり、それを電子 e_R が検出して、情報ドットのビット情報が一致したときだけ電子が容量 Co に移動するという回路である。ドット列ブロックを並列に容量 Co に接続しておくことで、ビットの一致度 (ハミング距離) に応じた電荷が Co に蓄積される。容量 Co として微細MOSトランジスタのゲート電極を用いることにより、量子ドットの動作結果をマクロな量として検出することができる。しかし、この回路はドット間の容量で決まる静電エネルギーにより動作温度が決まるため、室温動作には0.01aFのオーダの接合容量を必要とすることがわかった。これには原子オーダサイズのドットが必要であり、実現が困難である。

そこで新たに、多重ナノドットによる連想処理回路を考案した (図2) [2]。この回路は図1の量子ドット列のドットの数を増やした構造をしている。この回路では多重ナノドット列のトンネル接合容量の直列結合によりエネルギー障壁が決まるため、0.1aFオーダの接合容量で情報ドットの電子の有無を検出できる。この回路は電子 e_M が熱エネルギーの助けを借りてエネルギー障壁を乗り越えて動作する回路である。単電子回路シミュレーション結果 (図3) によると、室温 (300K) では約 $1 \mu s$ 程度で電子位置の検出を行うと、正しくビット情報の違いを検出できることがわかった。この条件でハミング距離を正しく反映した電圧が容量 Co に現れることを確認した。

この多重ナノドット回路は熱雑音を利用して動作するという点で、生体の感覚器が利用しているのと同じように「確率共振」現象を利用した回路ということができる。多重ドット構造は自己組織化プロセスで実現できる可能性が高い。

[1] T. Morie et al., Superlattices and Microstructures, 27, 613 (2000).

[2] T. Matsuura et al., SSDM, p. 306 (2000).

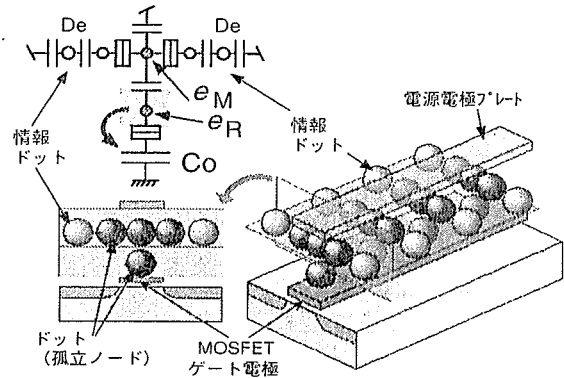


図1 量子ドットによる連想処理回路

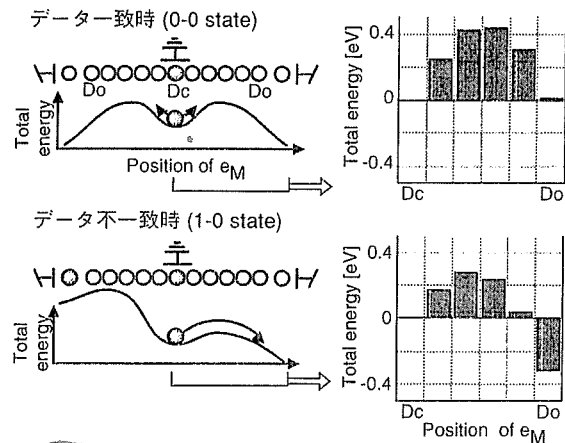
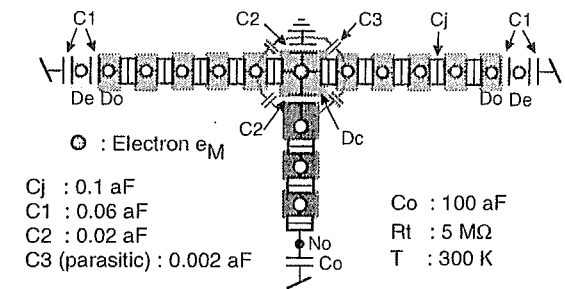


図2 多重ナノドットによる連想処理回路とドット列上でのエネルギープロファイル

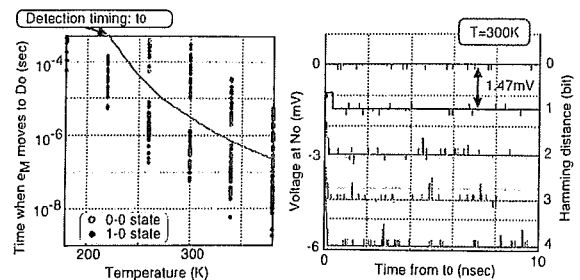


図3 多重ナノドット回路のシミュレーション結果