

量子ドット結合振動子系におけるパルス波の伝搬

Wave propagation in the array of coupled nanodot oscillators

北海道大学工学部* / 量子集積エレクトロニクス研究センター** 上野 友邦 浅井 哲也 福井 孝志* 雨宮 好仁

Hokkaido University, Department of Electrical Engineering* & RCIQE** Ueno T.*, Asai T.*, Fukui T.**, and Amemiya Y.*

あらまし 「反応拡散系」は生命現象に現れる形態形成や自己組織化の舞台となっている非平衡の化学反応システムである。これを量子ドット集積体で模擬して機能的な情報処理デバイスを創成したい。ここでは一次元の結合振動子系（最も簡単な反応拡散系）を設計し、その動作をシミュレーション解析した。量子ドットの結合振動子系 図1のような振動子系を考える。各振動子は量子ドットとトンネル接合からなる。結合容量を介して振動子を接続する。各振動子にバイアス電流を流す。隣接する振動子どうしには互いに逆方向のバイアス電流を与える。バイアス電流源は図2の特性を持つとする。図2のしきい電圧 V_0 を適切な値に設定すれば（クーロンブロックが成立する温度のもとで）この系は「単安定興奮性の反応拡散系」に類似した挙動を示す。

動作の一例：パルス波の伝搬 いま左端の振動子のドット1にトリガを与える。すると、ある遅れ時間（トンネル待ち時間）の後に、接地点からドット1に電子がトンネルする。そのためドット1の電位が急減して隣接振動子の電子トンネルを誘発する。その結果、図3のように電圧パルス波が振動子系を伝搬する。このパルス波は次の性質をもつ。

- (1) パルスを発生させるための刺激の大きさに閾値がある。
 - (2) 「不応期」が存在し、一定時間の経過後でなければ再パルスは生じない。
 - (3) 互いに逆の方向に進行するパルス同士が衝突すると完全に消滅する。
- これらの性質は神経インパルスやBZ反応波で見られるものと同じである。

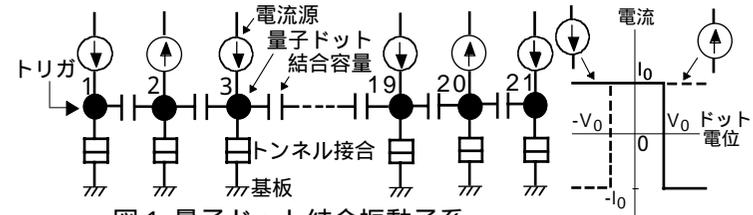


図1 量子ドット結合振動子系 図2 電流源の特性

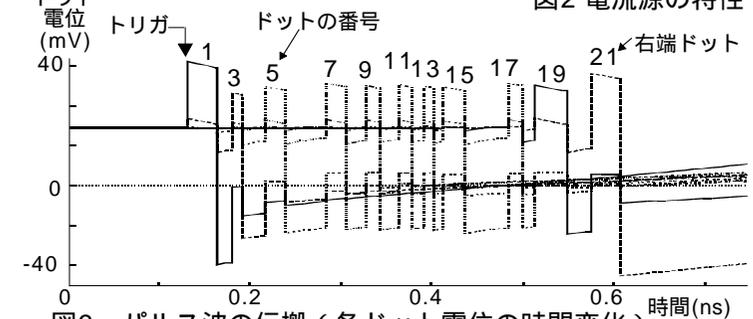


図3 パルス波の伝搬（各ドット電位の時間変化）
(トンネル容量 1 aF, トンネル抵抗 1 M Ω , 結合容量 1 aF, $I_0 = 0.1$ nA, $V_0 = 30$ mV)