

非線形エサキダイオードを用いた電子リザーバーノードの構成と結合

Formation and connection of electric reservoir nodes using nonlinear Esaki diodes

北大 量子集積センター¹, 富士通研究所² ○齋藤俊介¹, 河口研一², 葛西誠也¹

RCIQE, Hokkaido Univ.¹, Fujitsu Lab.², °S. Saitoh¹, K. Kawaguchi², S. Kasai¹

E-mail: s-saito@rciqe.hokudai.ac.jp

1. はじめに

物質や素子の非線形ダイナミクスを活用する新たな計算システムとして、物理リザーバー計算 (Physical reservoir computing : PRC) が近年注目を集めている[1]。負性微分抵抗をもつエサキダイオードは、リカレントネットワークであるリザーバーの非線形ノードの候補となる。特に単純な回路構成で自励発振することから、複雑なダイナミクスの生成が可能である。本研究ではエサキダイオード発振回路をノードとし PRC を構成することを目指し、ノードの構成とノード間結合について基礎検討を行った。

2. ノード構成と結合

図 1 にエサキダイオードを用いた発振ノードとノード結合構造を示す。単体ノードにおいて電源を接続し動作点を負性微分抵抗領域にバイアスすると発振する[2]。これを PRC ノードとして利用する。さらにノード結合により発振特性を非線形的に変調するため、結合方法として図 1 右のようにダイオードの直列抵抗を外部変調する方法を検討した。本ノードの発振

周波数は直列抵抗に依存するため[2]、抵抗値を外部制御する FET を挿入する。抵抗値を発振条件に整合させるため FET と抵抗を並列接続した。この結合形態により Node 2 の発振周波数が外部電圧入力 (ここでは Node 1 の出力) により変調される。

3. 結果

回路シミュレータで動作検証した。図 1 の Node 2 単体での発振波形を図 2(a)、2 ノードを直列結合した場合の波形を図 2(b)に示す。ダイオードはカスタムメイドの半導体系素子を想定し、インダクタンス L と容量 C をそれぞれ 380 nH, 58 pF とした。単体発振と比較するとノード結合により出力波形の振幅変調がみられるが、図 2 (b)を詳細にみると周波数は ± 3 MHz の範囲でゆらいており周波数変調の効果が現れている。非線形なノード結合が実現されており、これらをネットワーク化することで複雑なダイナミクスを生成されることが期待される。

[1] 電子情報通信学会誌 102 巻 2 月号 (2019) .

[2] 伏見和郎 電気学会雑誌 84-1 (1964) p.23.

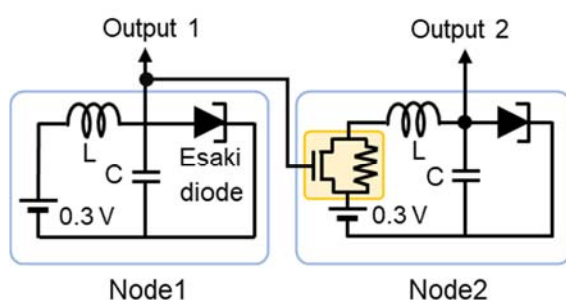


Fig. 1 Network node design Using Esaki diode

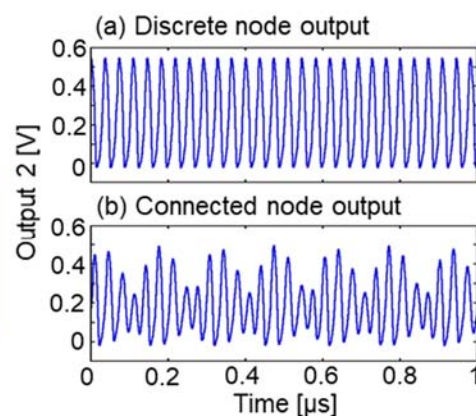


Fig. 2 Node 2 output waveforms