

強化学習を用いた量子井戸の電荷型量子ビットの電磁波の振幅の最適化

Optimizing the Amplitude of Electromagnetic Waves for Charge-Based Qubits in Quantum Wells Using Reinforcement Learning

電通大 i-PERC&基盤理工¹, (株)グリッド², 東大先端研³

°(B4) 熊倉 健太¹, 坂本 克好¹, 山口 浩一¹, 沈 青¹, 岡田 至崇³, 曾我部 東馬^{1,2,3}

¹Univ. of Electro-Comm. ²Grid inc., ³The Univ. of Tokyo.

E-mail : sogabe@uec.ac.jp

はじめに 近年のナノ技術の発展により、量子コンピュータの開発は大きく発展した。しかし、量子ビットの状態の制御はノイズの影響やデコヒーレンスによる影響を受けるため、量子コンピュータの発展の課題となっている。本研究は量子井戸の電荷型量子ビットの物理モデル[1]を構築し、X ゲートと Z ゲートを作成する。構築した物理モデルの量子ビットとゲートを用いて、定められた条件の下で、量子ビットの状態が定められた目標状態になるような電磁場の振幅の最適化を行う。従来の最適化の方法と強化学習を用いた最適化の方法の比較、分析を行う。

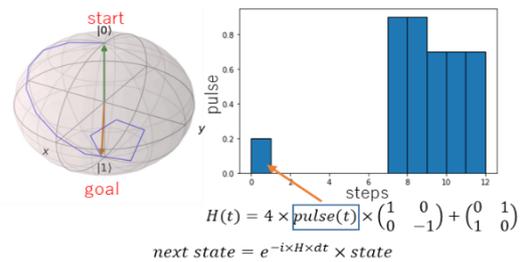


図1 最適化された振幅による時間発展[2](右:最適化された振幅と時間発展、左:ブロッホ球上に各ステップの状態を表した)

実験結果 図 2a は、量子井戸内の電子の存在確率と物理モデルを用いた際のラビ振動による基底状態と励起状態確率の時間による遷移を表したものである。この物理モデルは、1nm の量子井戸の中央部分(0.2nm)にポテンシャル障壁(30eV)を立てた量子井戸である。(図 2a 左は左が|0>、右が|1>)この量子井戸に静電場($E = 1.0 \times 10^8 \text{V/m}$)をいれ、振幅 ($A = 1.0 \times 10^{-8} \text{V/m}$)、角振動数 ($\omega = 8.594 \times 10^{13} \text{rad/s}$)の電磁場を入れることで図 2a 右のラビ振動が得られる。(青:基底状態 オレンジ:励起状態)図 2b は、勾配降下法を用いて最適化された電磁場の振幅である。

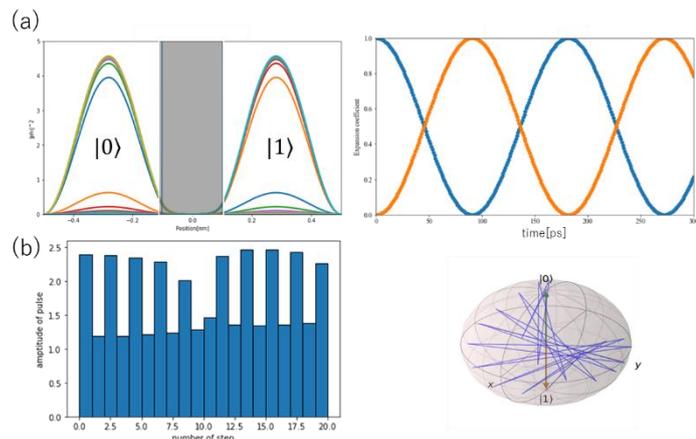


図2 物理モデルによる最適化(a)左:量子井戸内の電子の存在確率,右:ラビ振動(b)左:ブロッホ球上に各ステップの状態を表した,右:勾配降下法で最適化されたパルス

今後、量子井戸の量子ビットの物理モデルやノイズやデコヒーレンスを考慮した物理モデルにおける振幅の最適化についての研究を行い、会議の際にその結果について報告する。

[1] 遠藤理平,14 日で作る量子コンピュータ,株式会社カットシステム,2020 年

[2] Xiao-Ming Zhang et al., npj Quantum Information volume 5, Article number: 85 (2019)