

原子接合の作製における 量子アニーリングマシンを用いた実験パラメータ探索

Optimization of Experimental Parameters for Fabrication of Atomic Junctions

Using Quantum Annealing Machine

東京農工大 ○米田優里、島田萌絵、三木司、白樫淳一

Tokyo University of Agriculture & Technology

○Y. Yoneda, M. Shimada, T. Miki, and J. Shirakashi

E-mail: s214748s@st.go.tuat.ac.jp

組合せ最適化問題を解く計算機として、量子アニーリングマシン[1]が注目されている。これはイジングモデルの基底状態を探索する物理実験装置であり、現在、ハードウェアのトポロジーが強化された D-Wave Advantage がクラウド経由で利用可能である[2]。これまで我々は、原子接合の作製手法であるフィードバック制御型エレクトロマイグレーション (Feedback-Controlled Electromigration: FCE)法での実験パラメータ探索を組合せ最適化問題として捉え、イジングマシンにより実験パラメータの最適化と原子接合の作製を行ってきた[3]。前回の報告では、トポロジーの異なる量子アニーリングマシンを用いて組合せ最適化問題を解き、その演算特性について比較・検討した[4]。今回は、FCE 法での実験パラメータ最適化に対して、物理装置である量子アニーリングマシンの適用を検討した。

本実験では、FCE 法のパラメータの一つである印加電圧のフィードバック量 $V_{FB}(\%)$ のスケジュールに着目し、最適化を試みた。 V_{FB} を 4 種類の実験パラメータ値 $V_{FB1}, V_{FB2}, V_{FB3}, V_{FB4}$ とした上で、予め最適解が既知となるような V_{FB} の適用スケジュールを設定した。最適解として設定された V_{FB} スケジュールに対し、量子アニーリングマシンで解探索を行った。図 1 は、得られた解の正答率と残留エネルギーを示す。残留エネルギーは基底状態のエネルギーにどれだけ近いかを表す指標で、Parameter B は制約項の重みを表している。図 1 より、B が大きくなるにつれて残留エネルギーが低くなり、B=9 付近で高い正答率が得られていることが確認できる。以上より、量子アニーリングマシンを用いることで、FCE 法における実験パラメータの最適化が可能であることが示唆された。今後は、FCE 法での V_{FB} スケジュールを実際に適用して得られたデータベースを基に評価関数を作成し、この評価関数値が高くなるように V_{FB} のスケジュールを QUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization)問題[5]として定式化することで、 V_{FB} の探索を実行する。

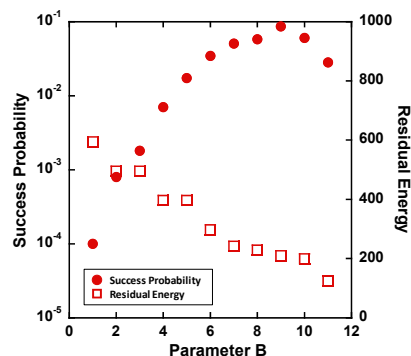


Fig. 1 Success probability and residual energy of the test problem on quantum annealing machine.

References

- [1] M. W. Johnson et al., Nature 473 (2011) 194.
- [2] Dwave leap. <https://www.dwavesys.com/home>. Accessed on 15 June 2021.
- [3] S. Sakai, Y. Hirata, M. Ito and J. Shirakashi, Sci. Rep. 9 (2019) 16211.
- [4] 米田、島田、三木、白樫: 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 19a-Z34-10 (2021).
- [5] A. Lucas, Front. Phys. 2 (2014) 5.