

Au 原子接合作製での評価関数の重み調整による イジングマシンを用いた量子状態制御

Tuning of Cost Function for Optimized Control of Au Atomic Junctions with Ising Spin Computing

東京農工大 ◯坂西宏規、島田萌絵、三木司、白樫淳一

Tokyo University of Agriculture & Technology

◯H. Sakanishi, M. Shimada, T. Miki and J. Shirakashi

E-mail: s205919w@st.go.tuat.ac.jp

近年、組合せ最適化問題に特化したコンピュータの1つであるイジングマシン[1]が注目を集めており、様々な社会システムの最適化が報告されている[2, 3]。これまで我々は、イジングマシンを用いて、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(FCE)法における実験パラメータの最適化を検討してきた[4, 5]。最適化に用いる評価関数[5]は、FCEにおける理想的な挙動を考慮した目的項と、FCE プロセス終盤におけるコンダクタンスの停滞を禁止する制約項から構成される。今回は、制約項に重み係数 a を導入し、イジングマシンによる解探索性能と評価関数の関係を明らかにすることで、効率的な Au 原子接合の作製を目指した。

今回は、 9×10 スピンを搭載したイジングマシンを用いて、FCE パラメータの1つである V_{FB} スケジュールの探索を行った。イジングマシンの示す確率的振る舞いを考慮し、各重み係数 a につき本計算を 1000 回試行した。図 1 に、重み係数 a とイジングマシンによる解探索精度 (Accuracy: ○) および解探索時間 (Annealing Step: △) の関係を示す。ここでの解探索精度は、イジングスピンモデルにおける基底状態(最適解)にどれだけ近いかを表し、1000 試行における平均値である。図 1 より、制約項が無い ($a = 0$) 場合において Accuracy が最も低くなっていることがわかる。この結果は、制約項を加えたことによる解探索精度の上昇を意味し、制約項の妥当性を示す。また、制約項の強度を大きくすると Accuracy が低下する傾向がある。以上の結果から、重み係数 a を適切に調整することで、イジングマシンでのより精度の高い解探索が可能になると考えられる。また、Annealing Step は演算終了時におけるエネルギーに達するまでのスピン更新回数を表している。図 1 より、重み係数 a の増加に伴い解探索時間が上昇する傾向がみられる一方で、Accuracy を最大化する重み係数 $a = 10$ においては解探索時間が最小となっている。これより、重み係数 a の調整がイジングマシンによる解探索性能を向上させ、Au 原子接合のより効率的な作製を可能とすることが示唆された。

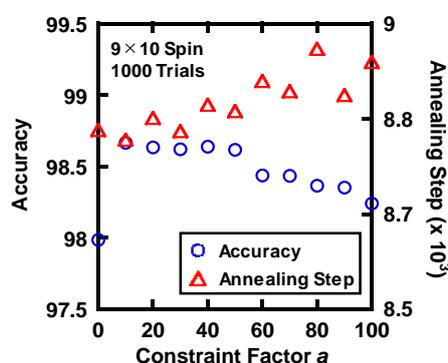


Fig. 1 Accuracy and annealing step as functions of constraint factor a .

References

- [1] M. W. Johnson et al., Nature 473 (2011) 194.
- [2] F. Neukart et al., Frontiers in ICT 4 (2017) 29.
- [3] T. Stollenwerk et al., IEEE transactions on intelligent transportation systems 21 (2019) 285.
- [4] S. Sakai, Y. Hirata, M. Ito and J. Shirakashi, Scientific reports 9 (2019) 16211.
- [5] 坂西、平田、島田、三木、白樫: 第 67 回応用物理学会春季学術講演会 14p-A301-12 (2020).