

## ナノギャップ狭窄化過程における 抵抗制御パラメータのベイズ最適化による選択

### Selection of Experimental Parameters for Resistance Control of Nanogaps Using Bayesian Optimization

東京農工大<sup>1</sup>、一関高専<sup>2</sup>、釧路高専<sup>3</sup>

○小山諒也<sup>1</sup>、清川莉玖<sup>1</sup>、渡部健太<sup>1</sup>、八木麻実子<sup>2</sup>、伊藤光樹<sup>3</sup>、白樫淳一<sup>1</sup>

Tokyo University of Agriculture & Technology<sup>1</sup>, NIT, Ichinoseki College<sup>2</sup>, NIT, Kushiro College<sup>3</sup>

○R. Koyama<sup>1</sup>, R. Kiyokawa<sup>1</sup>, K. Watanabe<sup>1</sup>, M. Yagi<sup>2</sup>, M. Ito<sup>3</sup> and J. Shirakashi<sup>1</sup>

E-mail: s209953w@st.go.tuat.ac.jp

我々は、エレクトロマイグレーションを利用したナノギャップ構造の抵抗を制御する方法として、アクティベーション法を提案してきた[1, 2]。また、ベイズ最適化によって実験パラメータ探索を行うフィードバック制御をアクティベーション法に適用することで、一度の通電プロセスにおける抵抗制御の検討を行ってきた。本手法では、実験パラメータとして閾値抵抗変化率  $RC_{TH}$  を定義することでプロセス中にリアルタイムでの探索を行うことができる [3]。今回、ナノギャップの抵抗をフィードバックごとに比較する評価関数を設け、ベイズ最適化の目的関数とすることで Au ナノギャップにおけるトンネル抵抗の制御性を検討した。

本実験では、ナノギャップ抵抗の変化を制御するために、フィードバック前後の抵抗の減少割合から評価関数を定義し、フィードバックごとにその制御性をスコア化した。今回、抵抗の減少割合が 50% となることを理想状態としてスコアが大きくなるほど良い制御性を示すように設定した。本プロセスでは、はじめに  $RC_{TH}$  をランダムに設け、初期ギャップ幅が数十 nm の Au ナノギャップに対してランプ電圧を印加する。抵抗変化率  $RC$  が  $RC_{TH}$  を超えたときに電圧フィードバック量  $V_{FB} = 50\%$  だけ印加電圧を下げる。その後、評価関数から抵抗制御性のスコアを求め、スコアを元にした平均と標準偏差から獲得関数を計算するとともに、その値が最大となる  $RC_{TH}$  を次のサイクルに適用する。以上の繰り返しによってリアルタイムに  $RC_{TH}$  の探索を行った。図 1 に Au ナノギャップに対して本手法を適用したときのフィードバックごとに探索した  $RC_{TH}$  と得られたスコアを示す。ただし、2 回目までのフィードバックにおける  $RC_{TH}$  はランダムに選ばれた値を使用している。図よりプロセスの進行に伴って  $RC_{TH}$  が変動している様子が確認できる。また、7 回目のフィードバックにてスコアが上昇したことから、抵抗の制御性がよい  $RC_{TH}$  を得られたことがわかる。以上の結果から、本手法が Au ナノギャップのトンネル抵抗制御に有効であることが示唆された。

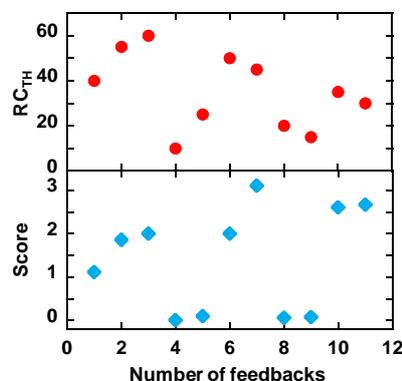


Fig. 1 Search of  $RC_{TH}$  and Score using Bayesian optimization during activation process.

#### References

- [1] S. Kayashima, K. Takahashi, M. Motoyama and J. Shirakashi, Jpn. J. Appl. Phys. Part 2 46 (2007) L907.
- [2] Y. Tomoda, K. Takahashi, M. Hanada, W. Kume and J. Shirakashi, J. Vac. Sci. Technol. B 27 (2009) 813.
- [3] 小山、坂井、清川、八木、伊藤、白樫: 第 67 回応用物理学会春季学術講演会 14p-A301-4 (2020).