

# 量子ドットネットワークを用いた人工物認証における 時間信号入力 of 検討 Utilization of Temporal Signal Input to Quantum Dot Networks for Artifact Authentication

°柴田涼平<sup>1\*</sup>, 下村優<sup>1</sup>, 豎直也<sup>2</sup>, 小倉裕介<sup>1</sup>

°Ryohei Shibata<sup>1</sup>, Suguru Shimomura<sup>1</sup>, Naoya Tate<sup>2</sup>, Yusuke Ogura<sup>1</sup>

1. 大阪大学大学院情報科学研究科, 2. 九州大学大学院システム情報科学研究院

1.Graduate School of Information Science and Technology, The University of Osaka

2.Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

\*r-shibata@ist.osaka-u.ac.jp

A physically unclonable function (PUFs) is gaining attention due to its capability in high-level security for the Internet of Things (IoT) society. In this study, we focus on an object authentication system using a quantum dot (QD) network. The spatio-temporal nonlinearity of QDs can yield a wide variety of unique outputs for authentication. We measured correlation coefficients between fluorescence images, and the results suggest the effectiveness of temporal signal input for unique output generation.

現在, IoT の利用拡大に伴い, デバイスを保護するための認証方法として Physically Unclonable Function (PUF) 認証<sup>1)</sup>が注目されている. PUF とは人工物の製造過程で生じるランダムな物理的特徴を複製困難な関数として用いる技術である. PUF 認証ではこの関数から得られる固有な出力を用いて認証する. 特に光学現象を用いた PUF はセキュリティレベルの高さから注目されている. 例として約 1cm<sup>3</sup> のガラス板の散乱光を用いた光学 PUF などがあり, 固有な出力を得るために入力として空間的なパターンを活用することが多い<sup>2)</sup>. また, IoT 社会では様々なデバイスの認証が必要であり, 認証精度に加えて実装サイズも重要な要素である. 我々は量子ドット (QD) を用いた光コンピューティングの研究を進めてきた<sup>1)</sup>. QD はナノサイズの半導体粒子であり, 特定の波長の光を照射すると蛍光応答を示す. また, 複数の QD では双極子-双極子相互作用により QD 同士でエネルギーが移動するフェルスター共鳴エネルギー移動 (FRET) が起きる. この FRET が多段階で起こる構造を QD ネットワーク (QDN) と呼び, 時空間的に非線形な応答を示す<sup>2)</sup>. 励起光に依存して様々な蛍光応答が得られるため, この性質は PUF 認証に必要な固有な出力を得るに有用であると考えられる. 我々は QD を用いた PUF を考案し, これまでにシングルパルスとダブルパルスを励起光に用いることによって認証精度が向上することを確認してきた. 本研究では QD の性質である時間的な非線形性に着目し, 固有出力生成における時間信号入力の有効性を検討した. なお, 我々の手法では, QDN を様々な時空間的なパターンで励起し, 得られる蛍光応答画像を ID として利用することを想定している. 事前に登録される画像と照合し, 認証の可否を判断する.

実験では, QD (NN-LABS, CS440) を凝集させたガラス基板にパルスレーザー光 (波長 403nm, パルス幅 500ps) を集光して QDN を励起し, 蛍光応答画像を撮影した. 時間的な非線形性の効果を調べるために, 1つのサンプルに対してシングルパルスと複数の光路差のダブルパルスで励起し, 相関係数を用いることで画像の変化を評価した. 光路差による時間差は 1.7ns, 1.9ns, 2.5ns, 3.0ns で, 光路差をランダムに設定しそれぞれ 3 回撮影した. 取得画像同士の相関係数の平均を Fig.1(a)に示す. 異なる時間差では相関係数が 0.5 以下になった. また, 同じ時間差で励起した際に得られる画像の類似度を調べた. 自動ステージを動かしながら, 時間差が 1.7ns のときの撮影を 10 回繰り返した. 撮影した画像同士の相関係数を Fig. 1(b)に示す. 相関係数は 0.55 以上となっており, 認証の際に異なる条件の画像同士の相関係数と差が出ることがわかった. これらの結果から, ダブルパルス入力の時間差に依存して蛍光画像が変化し, PUF ごとに固有な出力を得るのに有用であることがわかった.

## 参考文献

1) R. Pappu, B. Recht, J. Taylor and N. Gershenfeld: Science 297 (2002) 2026-2030.

2) N. Tate, Y. Miyata, S. Sakai, A. Nakamura, S. Shimomura, T. Nishimura, J. Kozuka, Y. Ogura and J. Tanida: Opt. Express 30 (2022) 14669-14676.

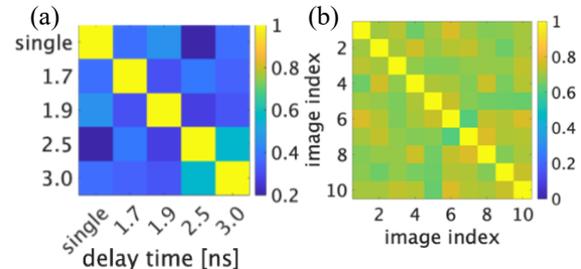


Fig. 1 Color map of correlation coefficients between fluorescence response images. (a) Different time intervals. (b) Same time intervals.