2023 年度年次報告書

原子・分子の自在配列・配向技術と分子システム機能

2021 年度採択研究代表者

松本 卓也

大阪大学 大学院理学研究科

教授

神経ネットワーク型分子・ナノ材料システム

主たる共同研究者:

田中 啓文 (九州工業大学 大学院生命体工学研究科 教授)

永野 修作 (立教大学 理学部 教授)

研究成果の概要

神経ネットワーク型物理計算に適した分子材料の探索を行った。ポリオキシメタレートに着目し、純粋な電子伝導を発見するとともに少数分子接合の形成によりメモrista特性を示すことを明らかにした。現在、盛んに研究されているメモristaの動作原理は、フィラメントメカニズムによるものであるが、全く新しい原理に基づくメモristaデバイスの可能性を示した。電気伝導性高分子が持つ本質的な構造は神経ネットワーク型の物性を示し、多様な非線形応答が得られ、そのまま神経ネットワークとして利用できる可能性がある。さらに PCBM と Au が新たな分子軌道を形成し、電子伝導のホッピングサイトとして働き、非線形電気特性を示すことが明らかになった。ネットワークの構成手法として、水面展開法を用いることにより、明確な導電性高分子のネットワーク構造による非線形電気特性の発現を実証し、ネットワーク密度や積層構造と非線形特性の相関を明らかにした。カーボンナノチューブにおいても水面展開手法を適用できるようになり、ネットワーク構造の制御と非線形電気特性の発現が可能となった。また、東ソーが開発した自己ドーピングポリチオフェン膜に松本 G が提案する脱ドーピングを行うことで、非線形電気伝導が発現することを示した。また、湿度制御による電子およびプロトンの混合伝導領域にてそれに伴う複雑な非線形特性が発現することを見出し、本材料の新たな用途開発に寄与した。光応答材料で作製したリザーブ素子に光照射すると、電流ノイズにより演算精度が向上することが分かった。硫化銀の多結晶薄膜構造が光検知インセンサ演算素子として、画像認識に成功した。また、カーボンナノチューブ (CNT) /ポリジメチルシロキサン (PDMS) ランダムネットワークのスポンジ構造が、圧力検知インセンサ演算素子として把持物体認識に成功した。この2点は AI ロボット応用が期待される。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Probing Energy-Level Alignment in Molecular Multilayers by Frequency-Modulation Electrostatic Force Microscopy under Tapping-Mode-Combined Fowler–Nordheim Tunneling Spectroscopy, M. Nakayama, K. Kajimoto, T. Misaka, N. Mishima, T. Yamada, H. Ohoyama and T. Matsumoto, *ACS Applied Materials & Interfaces* **15**, 47704-47714 (2023).
- 2) High performance of in-material reservoir computing device achieved by complex dynamics in nanoparticle random network memristor, O. Srikimkaew, D. Banerjee, S. Azhari, Y. Usami, H. Tanaka, *ACS Applied Electric Materials* **6**, 688-695 (2024). DOI: 10.1021/acsaelm.3c01046
- 3) Mechanism of High Proton Mobility in the Two-Dimensional Nanospace at the Interlayer of a Multilayer Polymer Nanosheet Film, M. Inoue, R. Sakashita, S. Kagaya, M. Gemmei-Ide, Y. Yao, A. Suwansoontorn, S. Nagano, S. Yamamoto, M. Mitsuishi, Y. Nagao, J. Matsui, *The Journal of Physical Chemistry C*, **127** (50), 24046-24055 (2023).
- 4) Effect of nonlinearity induced by atomic switch in Ag/Ag₂S nanoparticles on performance of in-material reservoir computing, T. T. Dang, O. Srikimkaew, D. Banerjee, S. Azhari, Y. Usami, H. Tanaka, *Applied Physics Letters* **124**, 091903 (2024). DOI: 10.1063/5.0169067
- 5) Development of a physical reservoir that operates by the diffusion of Cu cations, M. Hayakawa and T. Hasegawa, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **63**, 04SP29 (2024). DOI: /1035848/1347-4065/ad2fdd