

2024 年度年次報告書

リアル空間を強靱にするハードウェアの未来

2023 年度採択研究代表者

李 恒

中央大学 理工学部

助教

検査員視覚と調和する透明光熱電撮像ゴーグルの創製

研究成果の概要

本研究では次世代の非破壊検査デバイスとしてヒトの視野・感覚と調和する透視撮像ゴーグルを確立するべく、高透明なミリ波-赤外イメージセンサシートの創出に取り組む。この枠組みにおいて、代表者は 2023 年度の主要項目「極薄膜カーボンナノチューブによる基礎的なミリ波・テラヘルツ・赤外光計測実証」に続いて、2024 年度は「少数画素として留まっていた高透明型センサに対する機械的かつ高歩留まりな集積実装プロセスの確立」に注力した。

カーボンナノチューブに対しては分散液としての液体材料加工が主流となっている中、代表者は卓上ロボット型のエアジェットディスペンサ装置をデバイス作製プロセスへ導入した (*Small Sci.*)。試験段階として半金分離前の高濃度カーボンナノチューブ分散液を対象として、信号読み出し用の電極配線部分、センサ感度増幅用の分子化学ドーパントと併せて、デバイス全体を同一装置の連続的な操作工程により高い歩留まりで実装することに成功している。具体的には 300 μm の印刷線幅、400 μm の集積ピッチ、20 画素以上を対象とした 10 %未満の膜厚・線幅バラつき等、センサ作製の機械化へ展開している。これらを基にマイクロ波までに及ぶ超広帯域動作 (*Adv. Sens. Res.*)、伸縮シート化 (*Adv. Mater.*)、そして撮像検査アルゴリズムの確立 (*Adv. Mater. Technol.*) 等、センサ動作の足場を固める成果が得られた。

これらを基に、ACT-X の最終期間となる 2025 年度は取り組みをより一層に加速させて、非破壊検査デモンストレーションやウェアラブルモジュールとしての透湿性・通気性の発現へと展開させていく。特に、シートデバイスにおける透湿性・通気性の発現に関して、初年度に確立したカーボンナノチューブ光物性、および 2024 年度に確立した全印刷集積プロセスとの互換性という観点から、学術的にも極めて重要な位置付けを占める。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Y. Matsuzaki, R. Tadenuma, Y. Aoshima, M. Yamamoto, L. Takai, Y. Kon, D. Sakai, N. Takahashi, R. Koshimizu, Q. Zhang, N. Hagiwara, M. Sun, D. Shikichi, R. Ota, S. Hirokawa, Y. Kawano, **K. Li***, All-Solution-Processable Hybrid Photothermoelectric Sensors with Carbon Nanotube Absorbers and Bismuth Composite Electrodes for Nondestructive Testing, *Small Science* **5**, 5, 2400448, 2025.
- 3) D. Shikichi, R. Ota, M. Kubota, Y. Kinoshita, N. Izumi, M. Kosaka, T. Nishi, D. Sakai, Y. Matsuzaki, L. Takai, M. Yamamoto, Y. Aoshima, R. Odawara, T. Q. Suyama, H. Okawa, Z. Zhou, T. Furukawa, S. Wada, S. Ikehata, I. Sato, Y. Kawano, **K. Li***, Multi Computer Vision-Driven Testing Platform: Structural Reconstruction and Material Identification with Ultrabroadband Carbon Nanotube Imagers, *Advanced Materials Technologies* **10**, 7, 2401724, 2025 (selected as Frontispiece).
- 4) Q. Zhang, H. Li, R. Koshimizu, N. Takahashi, Y. Kinoshita, A. Sano, J. Jin, H. Okawa, Y. Matsuzaki, D. Shikichi, Y. Kawano, **K. Li***, Microwave Monitoring by Compact Carbon Nanotube Photo-Thermoelectric Sensors Beyond the Diffraction Limit Toward Ultrabroadband Non-Destructive Inspections, *Advanced Sensor Research*, early view, 2400159, 2025 (selected as Back cover).
- 5) T. Araki†, **K. Li†** (†共同筆頭著者), D. Suzuki, T. Abe, R. Kawabata, T. Uemura, S. Izumi, S. Tsuruta, N. Terasaki, Y. Kawano, T. Sekitani, Broadband Photodetectors and Imagers in Stretchable

Electronics Packaging, *Advanced Materials* **36**, 20, 2304048, 2024 (selected as Cover picture).