



(0) 研究分野

分科会:工学

キーワード:有機エレクトロニクス、有機太陽電池、
フレキシブルエレクトロニクス、伸縮性エレクトロニクス、次世代ウェアラブル

(1) 研究背景と研究目標

近年、皮膚貼り付け型センサを活用することで、日常生活における装着の負荷を減らしつつ、高精度な生体信号が取得できる次世代ウェアラブルセンサとしての期待が高まっている。その際に、センサの耐水性を確保することは様々な環境変化への動作安定性を確保するために必須である。しかし、皮膚への密着を向上させ、高精度の信号を取得するために薄膜化を進めると、封止膜も薄くなるため、薄膜化によらない耐水性の向上技術の開発が求められていた。

(2) 2024年度成果と今後の研究計画

耐水性と超柔軟性を両立し、水中における生体信号取得を可能にする超薄型有機光学式センサ

耐水性と薄膜性（厚さ $3.2\ \mu\text{m}$ ）を両立した有機光学式センサを開発し、水中環境においても生体信号を安定的かつ連続的に取得できることを実証した。活性層には、粘着性をもつエラストマーと有機半導体材料（ドナー／アクセプター）を混合したハイブリッド構造を導入し、上下界面に強い接着力と機械的安定性を付与することで、耐水性と繰り返しの圧縮・伸張に対する機械的耐久性を確保した。暗電流を抑制しつつ優れた電荷輸送性を確保することで、検出感度 (D^*) として 6.2×10^{11} Jones という高い性能を示すと同時に、異なる光活性材料を用いた場合でも同様の耐水性と特性が得られることを確認した。実際、皮膚にデバイスを貼付した状態で水中に5時間浸しても安定した脈波信号を取得できることを確認し、入浴中や多汗環境といった湿潤条件下でも使用可能な次世代ウェアラブルセンサ技術としての有効性を示した。



図1：水中で動作可能な有機光学式センサ

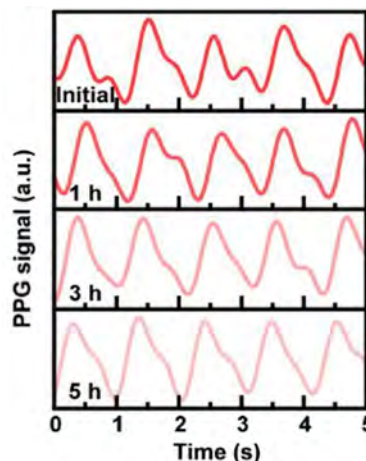


図2：水中で取得した脈拍信号

今後の計画

- 1) 有機光デバイスの大面積化を進める。各層の成膜および素子構造の最適化を行う。
- 2) 光照射下での高安定性化を行う。界面設計の改良、紫外線成分を抑制するフィルタ層の導入などにより、長時間の光照射環境下における動作安定性の向上を図る。

(3) 研究室メンバー

(2024年度)

(主任研究員)

染谷隆夫

(専任研究員)

福田憲二郎

(研究員)

Sunghoon LEE

(特別研究員)

Lulu SUN

Joo Sung KIM

Baocai DU

Xiangjun ZHENG

(4) 発表論文等

1. Kenjiro Fukuda, Lulu Sun, Baocai Du, Masahito Takakuwa, Jiachen Wang, Takao Someya, Lluís F Marsal, Yinhua Zhou, Yiwang Chen, Hongzheng Chen, S Ravi P Silva, Derya Baran, Luigi A Castriotta, Thomas M Brown, Changduk Yang, Weiwei Li, Anita WY Ho-Baillie, Thomas Österberg, Nitin P Padture, Karen Forberich, Christoph J Brabec, Osbel Almora, "A bending test protocol for characterizing the mechanical performance of flexible photovoltaics", *Nat. Energy* **9**, 1335 (2024).
2. Tatsuma Miyake, Masahito Takakuwa, Daishi Inoue, Daisuke Hashizume, Tomoyuki Yokota, Shinjiro Umezumi, Kenjiro Fukuda, Takao Someya, "Direct conductive bonding of silver electrodes on ultrathin polymer films", *ACS Appl. Electron. Mater.* **6**, 7261 (2024).
3. Baocai Du, Sixing Xiong, Lulu Sun, Yusaku Tagawa, Daishi Inoue, Daisuke Hashizume, Wenqing Wang, Ruiqi Guo, Tomoyuki Yokota, Shuxu Wang, Yasuhiro Ishida, Sunghoon Lee, Kenjiro Fukuda, Takao Someya, "A water-resistant, ultrathin, conformable organic photodetector for vital sign monitoring", *Sci. Adv.* **10**, eadp2679 (2024).
4. Jiachen Wang, Yuto Ochiai, Niannian Wu, Kiyohiro Adachi, Daishi Inoue, Daisuke Hashizume, Desheng Kong, Naoji Matsuhisa, Tomoyuki Yokota, Qiang Wu, Wei Ma, Lulu Sun, Sixing Xiong, Baocai Du, Wenqing Wang, Chih-Jen Shih, Keisuke Tajima, Takuzo Aida, Kenjiro Fukuda, Takao Someya, "Intrinsically stretchable organic photovoltaics by redistributing strain to PEDOT: PSS with enhanced stretchability and interfacial adhesion", *Nat. Commun.* **15**, 4902 (2024).
5. Wenqing Wang, Suksmandhira Harimurti, Daishi Inoue, Md Osman Goni Nayeem, Jiachen Wang, Chika Okuda, Daisuke Hashizume, Sunghoon Lee, Kenjiro Fukuda, Tomoyuki Yokota, Takao Someya, "Janus membrane-based wearable pH sensor with sweat absorption, gas permeability, and self-adhesiveness", *ACS Appl. Mater. Interfaces* **16**, 27065 (2024).

Supplementary

Laboratory Homepage

<https://rikensomeya.riken.jp/index.html>

https://rikensomeya.riken.jp/index_en.html