

【基盤研究(S)】

理工系 (総合理工)



研究課題名 単結晶有機半導体中電子伝導の巨大応力歪効果とフレキシブルメカノエレクトロニクス

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授 **たけや じゅんいち**
竹谷 純一

研究課題番号：17H06123 研究者番号：20371289

研究分野：総合理工

キーワード：有機・分子エレクトロニクス

【研究の背景・目的】

有機半導体は低コストのプラスチックフィルム上にセンサデバイスを構成できるため、来るべき IoT 社会で大量に必要とされる次世代半導体の有望材料として注目されている。すでに、IoT センサ用の印刷できるアナログ及びデジタル集積回路に関する技術開発が、我々の開発した高移動度有機単結晶半導体トランジスタをベースとした産学協同の実用化プロジェクトにより精力的に進められている。

その様な中、我々は高移動度の単結晶有機超薄膜半導体が、分子間距離などの分子配置に大きく依存する電子伝導物性と、小さな外力が大きな歪を引き起こす力学特性とを有し、両者が非常に強く結合していることを見出した。実際、単結晶有機超薄膜で作成されたトランジスタは、指でわずかな力を加えることにより移動度が $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ から 70% 上昇する巨大歪効果を示している。

巨大応答のメカニズムについては未解明であり、ミクロな機構の理解とさらに優れた材料設計技術開発が緊急に求められている。本研究は、歪が電子移動と電子散乱に寄与する効果を精緻な物性研究により明らかにし、フレキシブルな有機半導体における巨大なメカノエレクトロニクス応答機構を解明することを目的とする。

【研究の方法】

フレキシブル単結晶有機半導体結晶の巨大歪応答現象の全貌を解明するために、「分子層単結晶有機半導体・高分子複合物質の開発」ならびに「構造物性の解明と歪効果の電子物性研究」に取り組み、以下に示す研究を展開する。

また、これら技術をベースとして、センサ、振動発電素子とプリント LSI を組み合わせたメカノエレクトロニクスを創成する。

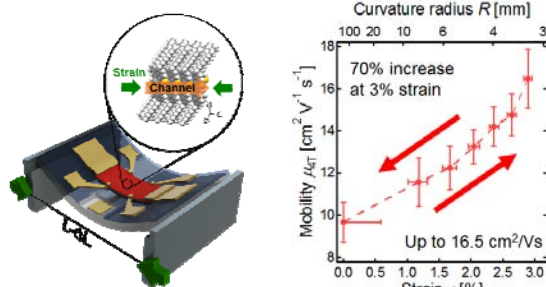


図1 歪印加有機半導体と歪／移動度特性

①様々な高分子材料と超薄膜分子層結晶の複合材料

の作製プロセスと物性を確立する。

- ②歪下での構造を透過 X 線などの方法によって温度因子も含めて解明する。
- ③ラマン散乱、ホール効果、4 端子伝導度の温度変化などの電子物性と理論研究を融合し、フォノンと伝導度のミクロな結合メカニズムを解明する。
- ④バンド幅への変化による歪誘起電荷移動現象の解明を行う。

【期待される成果と意義】

本研究は、“デバイス構築を見据えた実用的な構造の解明”を目指し、これによりこれまでにない超高感度歪センサ素子や高効率振動発電素子の実現が期待できる。この超高感度センサは新しい構造物劣化診断技術や新自動生産技術を生み、また、高効率発電素子は振動発電によるエネルギーハーベストに結び付く。これらの素子とプリント LSI を組み合わせたデバイスはメカノエレクトロニクスの産業基盤を創成し、IoT 社会を大きく進展させると共に、自律的ネットワーク社会構築による社会変革を促し、高度情報社会のイノベーションの礎となるインパクトを有する。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Takayoshi Kubo, Roger Häusermann, Junto Tsurumi, Junshi Soeda, Yugo Okada, Yu Yamashita, Norihisa Akamatsu, Atsushi Shishido, Chikahiko Mitsui, Toshihiro Okamoto, Susumu Yanagisawa, Hiroyuki Matsui & Jun Takeya, “Suppressing molecular vibrations in organic semiconductors by inducing strain” Nature Communications 7, 11156 (2016).
- K. Sakai, Y. Okada, S. Kitaoka, J. Tsurumi, Y. Ohishi, A. Fujiwara, K. Takimiya, and J. Takeya, “Anomalous pressure effect in heteroacene organic field-effect transistors”, Phys. Rev. Lett. 110, 096603 (2013).

【研究期間と研究経費】

平成 29 年度～33 年度 163,300 千円

【ホームページ等】

<http://www.organicel.k.u-tokyo.ac.jp/>