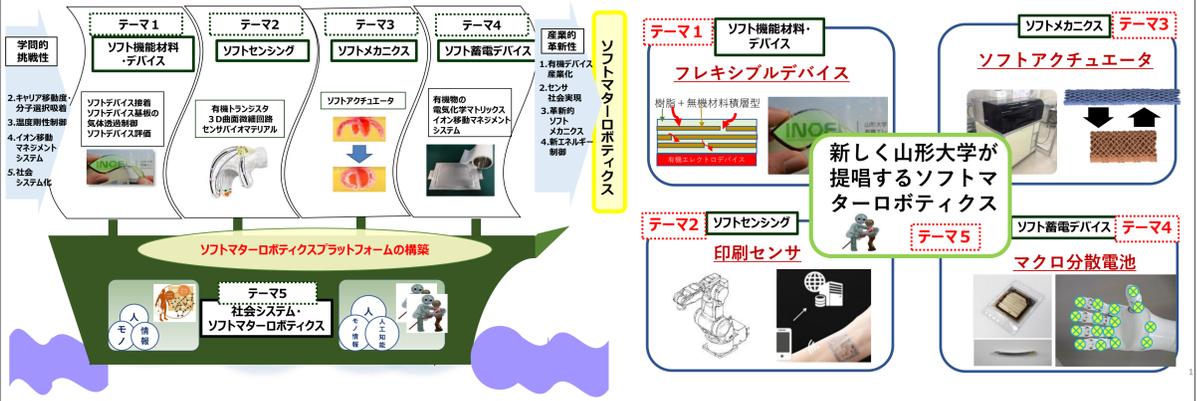


■緒言：山形大学は学問分野で強みを有している有機半導体材料、有機エレクトロニクス印刷技術、機能性高分子材料開発、高分子成型技術物理、ゲル高分子材料物理、ソフト3Dプリンター技術を駆使して、「ソフトマターロボティクス分野」の実現の為に山形大学産学共創プラットフォーム共同研究プログラムを開始した。取組内容は(1)ソフト機能材料・デバイス、(2)ソフトセンシング、(3)ソフトメカニクス、(4)ソフト蓄電デバイスの4テーマとそれらの開発技術成果の統合により、(5)ロボット分野で人・モノ・情報・人工知能を優しくつなぐ新領域ソフトマターロボティクスの開拓をアンダーワンループな環境下で大型産学連携体制を構築して目指す事としました。

有機材料の極限機能創出と社会システム化をする基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの発展

テーマ毎の技術の社会実装を目指しながら新領域「ソフトマターロボティクス」の産業創出に挑戦



極限機能創出：テーマ1 バリア性の極限改善、有機発光デバイス、有機太陽電池の創出

### テーマ1-1 ソフトデバイス接着

＜参考＞ 山形大学(全体総括)、株式会社カネカ(材料)→株式会社モレスコ(材料、WVT R測定装置)

【令和3年度最終進捗状況】 100%達成

レ バリア接着層を有するフィルムにより封止保護された有機ELデバイスの屈曲曲線(曲率半径:R=3.5mm<5mm) 10万回を実施した。その結果、本構造において、屈曲試験10万回以上(20万回まで確認)後もバリア膜が破壊せず、バリア性を保つことが確認できた。

レ 成果の一部は競争領域としてフレキシブル太陽電池に社会実装した。

南三陸さんさん商店街「南三陸sun2有機ソーラー」

屈曲試験10万回後のフレキシブル有機ELサンプル

### テーマ1-2 ソフトデバイス基板の気体透過制御

＜参考＞ 山形大学(全体総括)、企業名 帝人 セリアエンジニアリング 東京プロセスサービス 竹田印刷

【進捗状況】

・バリア層上に透明電極を形成すると、大幅にバリア性能が低下することが確認された。

・アンカー付PCを帝人が供給。アンカー層の平坦化効果により、透明電極付バリアフィルムのパリアー特性が大きく改善された。(10<sup>-5</sup>オーダー) さらに山形大学クリーンルーム内でアンカー層を形成することで、バリアー特性が向上するとともにフィルムの反りが大幅に改善した。

・バリアー膜の解析を行った。バリアー欠陥の原因を直接確認はできていない。

・新規プリンサーで、より透明で10<sup>-5</sup>オーダーのパリアー特性を得た。

・バリアー膜の解析を行い、R2Rで成膜したバリア膜は積層構造で成膜することが分かった。

・基板をより安価なPETフィルムに変更し10<sup>-5</sup>オーダーのパリアー特性を得た。

・国際標準(フォーラム標準)の制定に貢献した。SEMI D78 "Test Method of Water Vapor Barrier Property for Plastic Films with High Barrier for Electronic Devices".

・ソフトマターロボティクスとつなぐ技術として、ソフトマテリアル上の配線、加工技術に着手。

・ソフトマテリアル上に配線印刷  
・3次元加工  
・発光素子装着(最初はLED)  
・ソフト樹脂・ゲル充填

クラゲロボットを目指した最初の試作品

極限機能創出：テーマ2 ソフトセンサデバイス、ロボット触覚機能デバイス、ソフト曲面配線印刷

### テーマ2-1: センサ信号処理のための印刷型有機オペアンプ

印刷法による有機オペアンプ<sup>[1,2]</sup>

厚さ 2 μm の超柔軟近接センサ<sup>[3,4]</sup>

高精細な反転オフセット印刷

利得の周波数特性

反転オフセット印刷

インクジェット印刷

微細化による性能向上  
CMRP, PSRR等は今後評価予定

印刷後に剥離、貼付

剥離前後の特性の一致

[1] H. Matsui et al., *Sci. Rep.* 8, 8980 (2018).  
[2] Y. Takeda et al., *ACS Appl. Electron. Mater.* 2, 763-768 (2020).  
[3] I. Shoji, H. Matsui et al., *Adv. Mater. Tech.*, in press (2021).  
[4] 特願2021-52798

### テーマ2-2: 印刷型センサ基盤技術と情報通信融合化

有機センシング/回路融合型ソフトセンサ  
ロボットハンドへの実装イメージ

印刷法で作製したソフトひずみセンサ

センサ特性(ひずみ~100%)

高感度/機械的耐久性のフレキシブルセンサを作製

高感度ソフトセンサを印刷法で作製しロボットへの応用可能性を示した

[1] T. Sekine et al., *ACS Appl. Electron. Mater.*, 1, 246 (2019).  
[2] Y.-F. Wang et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 12, 35282 (2020).  
[3] Y.-F. Wang et al., *Adv. Mater. Tech.*, 6, 2100141 (2021).  
[4] 特許出願中. 2020-P2020J075