

# 「ニーズファースト型」産学連携

## フレキシブル基盤技術研究グループ Research Group for Flexible Technologies (仲田/古川/結城/向殿 研究グループ)

2022年版



産学連携教授  
仲田 仁



准教授  
古川 忠宏



准教授  
結城 敏尚



産学連携教授  
向殿 充浩

研究活動の概要

産学連携コンソーシアム(YU-FIC, YU-FLEC)

保有技術/装置

- ・有機EL(OLED)&有機薄膜太陽電池(OPV)作製技術
- ・有機EL(OLED)&有機薄膜太陽電池(OPV)評価
- ・ロールtoロール(R2R)技術・印刷技術
- ・ガスバリア性評価 / 国際標準化

開発成果

- ・超薄板ガラスを用いたフレキシブル有機EL
- ・超薄板ガラスを用いたフレキシブル有機ELの強度補強
- ・高機能ステンレス箔・バリアフィルムを用いたフレキシブル有機EL
- ・ロールtoロール(R2R)法による電極付きバリアフィルム作製
- ・インモールドエレクトロニクス技術
- ・3次元熱成型における配線の断線メカニズム解明
- ・有機エレクトロニクス技術を用いた広告用製品開発
- ・メタルメッシュ埋め込み型ITO代替透明電極技術
- ・有機EL用TFE(Thin Film Encapsulation)封止技術
- ・オンデマンド有機ELパターンニング
- ・ALD(Atomic Layer Deposition)バリア膜
- ・フレキシブル有機EL用耐熱バリアフィルム
- ・印刷型フレキシブル有機薄膜太陽電池
- ・有機EL用PSA封止技術
- ・スプレー塗布技術
- ・光学シミュレーション技術
- ・解析技術(欠陥解析・不良解析・構造解析など)

成果発表

主要メンバー

p.2~3

p.4~5

p.6

p.7

p.8

p.9

p.10

p.11

p.12

p.13

p.14

p.15

p.16

p.17

p.18

p.19

p.20

p.21

p.22

p.23

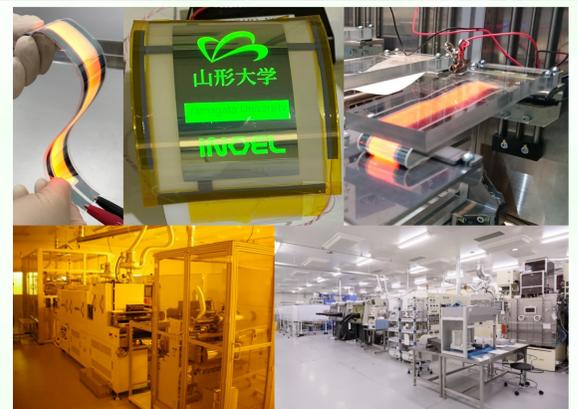
p.24

p.25

p.26

p.27

p.28



内閣府 第15回産学官連携  
功労者表彰「科学技術政  
策担当大臣賞」(2017)



ホームページ



ビデオ  
(YouTube)



パンフレット

活動紹介

# ニーズファースト型産学連携

## Academia-Industry Collaboration "Needs First!"

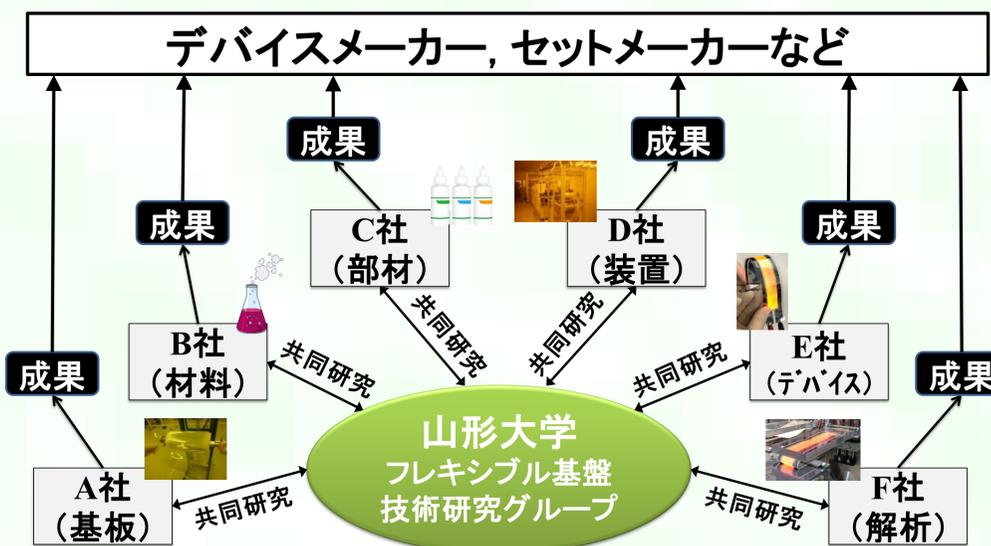
当研究グループは、フレキシブル有機エレクトロニクス技術を中心に、企業ニーズを最優先した「ニーズファースト型」産学連携を推進しています。  
この取り組みは、大学の独自技術を核とした従来型の「シーズファースト型」産学連携とは異なり、企業が必要とする技術開発にこだわった新しい産学連携のスタイルです。  
2017年、この取り組みを評価いただき、内閣府「第15回産学官連携功労者表彰」にて、「科学技術政策担当大臣賞」を受賞しました。



内閣府  
第15回産学官連携功労者表彰  
「科学技術政策担当大臣賞」(2017)

(取り組み主要技術)

- 有機EL(OLED)・有機薄膜太陽電池(OPV): デバイス・プロセス技術
- フレキシブル有機エレクトロニクス技術: 基板技術、材料・部材・プロセス技術
- 水蒸気バリア技術: バリア層形成技術、フレキシブル封止技術、バリア性評価技術
- ロールtoロール・印刷技術: 真空成膜、有版印刷、インクジェット、スプレー、洗浄技術
- インモールドエレクトロニクス技術(3D成形)



企業との連携スキーム



活動の特徴

- ・“ニーズファースト/お客様ファースト”  
\*企業ニーズへの徹底したこだわり  
\*成果は事業推進に利用可能
- ・不実施補償なし
- ・独立採算運営  
\*民間企業との連携が基軸

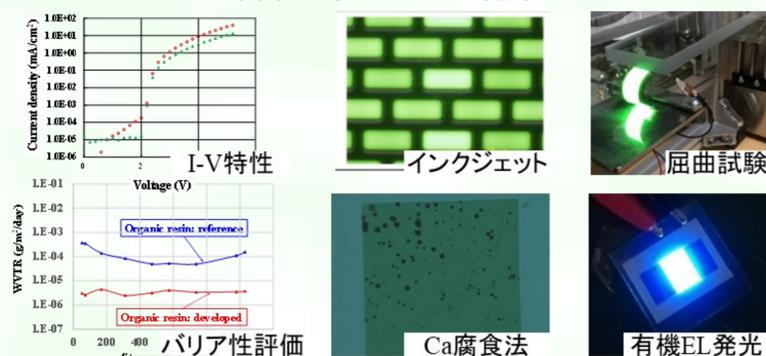
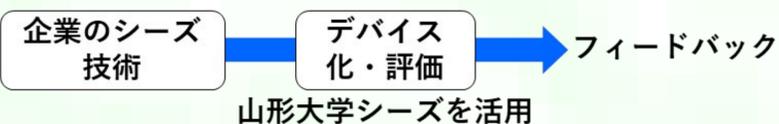
産学連携の取り組み

- ・連携企業の技術を用いたデバイス作製と結果フィードバック, 開発支援
- ・実証データ取得, 実証試作, 受託評価
- ・デモサンプル作製, 受託試作
- ・複数企業間の技術コーディネート
- ・産学連携コンソーシアム, 国際連携

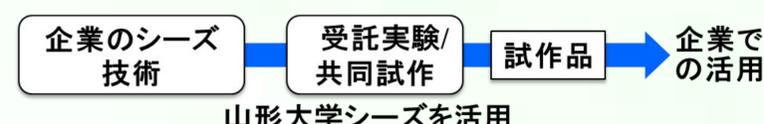
メンバーの強み

- ・民間企業で量産技術まで理解・経験したエキスパート(中心メンバーは企業にて技術部長以上を経験)
- ・ディスプレイ、有機EL、フレキシブル、印刷などに関する豊富な知見
- ・学会・業界での幅広いネットワーク

受託評価・開発支援



受託実験・共同試作・ラボサンプル



活動形態

- 産学連携コンソーシアム(p.3~p.5参照): 自主自立運営による産学連携コンソーシアム推進
- プロジェクト参画(p.3参照): 文部科学省、科学技術振興機構(JST)などの各種プロジェクトに参画
- 共同研究/学術指導(個別契約): 各企業からの要望に対応した実用化技術開発、受託試作など
- 受託評価(p.8参照): 「ガス・水蒸気透過率測定(WVTR測定)」の受託評価



活動紹介

# 山形大学フレキシブルエレクトロニクス 日独国際共同実用化コンソーシアム(YU-FIC)

Yamagata University Flexible Electronics Japan-Germany International Collaborative Practical Utilization Consortium

「山形大学フレキシブルエレクトロニクス日独国際共同実用化コンソーシアム(略称: YU-FIC)」は、ザクセン・ドレスデンを中心としたドイツ側企業・研究機関と有機エレクトロニクス分野で連携し、新たなフレキシブルエレクトロニクス製品を創出すべく、**日本企業とドイツ企業との共同研究**を進めています。

**プロジェクト期間** 2017年10月1日～2023年3月31日

**参画企業** 2022年1月現在:9社

**開発テーマ**

- フレキシブル基板を用いたRoll to Roll法大面積有機EL照明製造の革新的トータル技術開発
- 有機エレクトロニクス技術を用いた広告用製品開発
- 3次元プリント配線基板(3DPCB)の製造プロセスおよび用途開発

**運営メンバー**

- YU-FIC代表:古川 忠宏(准教授)
- YU-FIC運営統括:高橋 辰宏(教授)
- YU-FIC幹事:向殿 充浩(産学連携教授)



**ドイツとの連携**

YU-FICは、Organic Electronics Saxony (OES)が主催するドイツの企業や研究所と共同研究を行っており、年に2回相互に訪問しています

**主な活動状況**

- 日独間の相互訪問(日独連携会議、シンポジウム共催、展示会出展、企業訪問、等)
- 日独間の定例ウェブミーティング
- 学会・展示会などでの連携成果発表



LOPEC/Germany (Mar. 2019)



Flex Japan 2019 (May 2019)



Germany (Sep. 2019)



Japan (Jan. 2020)



JFlex (Jan. 2020)



The 9th Germany-Japan Joint Workshop (Online) "Flexible, Printed Electronics and Sensors", 26 February (2021).

**関連プログラム**

- 文部科学省:オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度～2022年度]
- JST:産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)～「山形大学・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展開」(JPMOP1614) [2016年度～2021年度]

**ウェブページ**

- ホームページ: <https://inoel.yz.yamagata-u.ac.jp/yu-fic/>
- YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=Zu9DZH4Nq6c>



ホームページ  
(YU-FIC)



YouTube  
(YU-FIC)

活動紹介

# 山形大学フレキシブルエレクトロニクス 産学連携コンソーシアム(YU-FLEC)

Yamagata University Flexible Electronics Consortium for Academia-Industry Cooperation

「山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム(YU-FLEC)」は、**参加企業との一対一の連携**を軸に、「**ニーズファースト型**」産学連携を推進するコンソーシアムです。企業のニーズに即した実用技術開発を推進致しますので、是非参加をご検討下さい。

## 設立目的

「ニーズファースト型」産学連携により、フレキシブルエレクトロニクス分野における実用化技術を開発(研究開発技術例)

- ・フレキシブル基板技術
- ・ガスバリア技術、フレキシブル封止技術
- ・フレキシブルプロセス技術
- ・新規材料技術
- ・新規デバイス技術
- ・新規電極技術
- ・装置技術

## 運営メンバー



- YU-FLEC代表: 結城 敏尚(准教授)
- YU-FLEC運営統括: 仲田 仁(産学連携教授)
- YU-FLEC幹事: 向殿 充浩(産学連携教授)

## 研究開発技術例

- フレキシブル基板
  - ・高機能ステンレス箔
  - ・バリアフィルム
- ガスバリア技術
  - ・バリア性評価
  - ・ガスバリア層形成技術
- フレキシブル封止
  - ・TFE (Thin Film Encapsulation) 技術
  - ・PSA封止技術
  - ・ラミネート封止技術
- ITO代替透明電極
  - ・メタルメッシュ電極
- 有機ELデバイスプロセス技術
  - ・オンデマンド有機ELパターンニング
- 有機発光デバイス用材料技術
- 次世代発光デバイス
  - ・QLED
  - ・新規TFT
- 有機エレクトロニクス用部材
- 有機エレクトロニクス装置
  - ・蒸着装置
  - ・バリア層形成装置
  - ・インクジェット装置

## プロジェクト期間

2018年1月1日～2023年3月31日(延長可)

## 参画企業(累計)

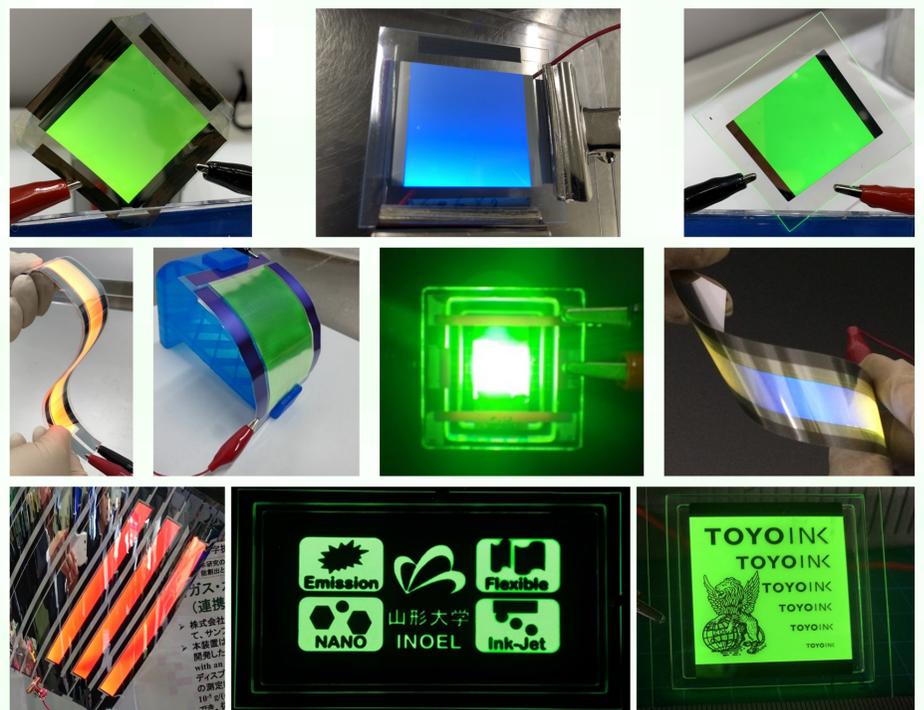
17社(2022年1月現在累計)

## 特色・優位性

- ・民間企業にて、本分野での研究開発や事業化を推進・経験したエキスパート教員による産学連携研究開発
- ・大学メンバーのネットワークを活用した参画企業間連携コーディネートや顧客開拓
- ・製品試作が可能な大型試作装置を保有
- ・4兆8千億円(2022年)という大きな市場規模が予測される競争領域での事業競争力の創出

## 代表的なアプリケーション

- ・中小型フレキシブル有機ELディスプレイ(フォルダブルスマートフォン等)
- ・大型有機ELディスプレイ(テレビ等)
- ・フレキシブル有機EL照明
- ・次世代フレキシブルデバイス など



## 関連プログラム

- 文部科学省: オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度～2022年度]

## セミナー・配信

- YU-FLEC会員向け「有機エレクトロニクスの動向紹介」(仲田産学連携教授/毎月).
- YU-FLEC会員向け「有機エレクトロニクスの動向紹介(有機太陽電池)」(向殿産学連携教授/隔月).
- 「OIJCウェビナー『Suppliers' Forum 2021 Online Spring』(2021.3.23).
- 「OIJCウェビナー(2020.11.24). <https://www.youtube.com/watch?v=YM4VjRU5re4>
- 「JIVM2020」展(Virtual展示)ウェビナー(2020.7.28). <https://www.youtube.com/watch?v=2o93-84WdSc>
- 第1回YU-FLECセミナー(2019.8.2 / 東京).

## ウェブページ

- ホームページ: <https://inoel.yz.yamagata-u.ac.jp/yu-flec/>
- ビデオ(YouTube): <https://www.youtube.com/watch?v=kD0vulsfZ-8>



ホームページ  
(YU-FLEC)



YouTube  
(YU-FLEC)

保有技術

# 有機EL&有機薄膜太陽電池作製技術 OLED & OPV Fabrications

さまざまなタイプの有機ELデバイス(OLED)、有機薄膜太陽電池デバイス(OPV)を作製できます。作製した有機ELデバイスの評価により技術ポテンシャル確認、課題抽出などが可能となります。作製した有機ELデバイスは、デモ用サンプルとしても活用できます。

## 有機EL(OLED)

### ■ 材料系

- ・低分子系&高分子系
- ・蛍光、燐光、TADF材料
- ・量子ドット(QD)材料

### ■ デバイス構造

- ・ボトムエミッション
- ・トップエミッション
- ・透過型(表面発光)
- ・マルチフォトン構造(タンデム構造)
- ・白色有機EL



## 有機薄膜形成プロセス

蒸着型と塗布型に対応したプロセスが可能です。



有機EL用蒸着



インクジェット



スピコート

## 有機薄膜太陽電池(OPV)

### ■ 材料系

- ・蒸着型&塗布型
- ・量子ドット(QD)材料

### ■ デバイス構造

- ・順構造
- ・逆構造



スプレー



洗浄(ブラシ&二流体)



プラズマクリーナー

## バリア膜形成

さまざまなバリア膜形成技術が適用可能です。

- ・無機バリア膜:CVD装置、スパッタ装置、ALD装置
- ・無機/有機交互積層バリア膜:インクジェット装置



ロールtoロール型  
スパッタ&CVD装置



ALD装置  
(Atomic Layer Deposition)



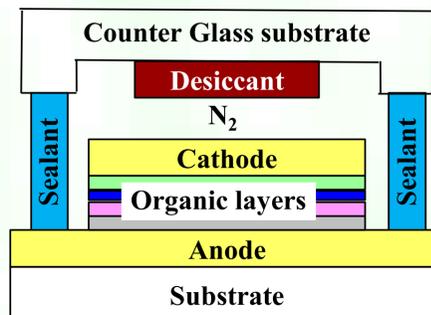
スパッタ装置



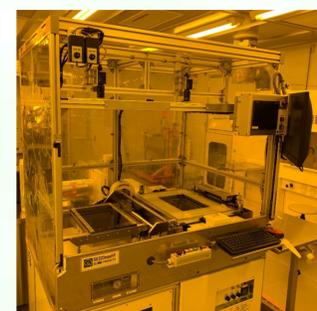
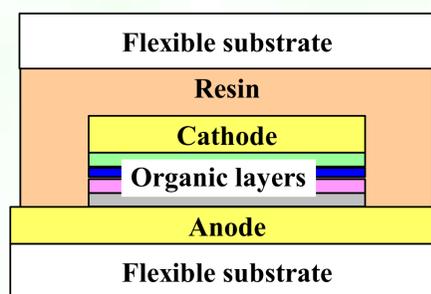
インクジェット装置

## 封止/ラミネート

デシカントを用いた従来型封止技術に加え、フレキシブル有機ELデバイス用の薄型全固体封止が可能です。



真空貼り合せ装置



ロール式貼り合せ装置

## 大面積有機EL

30cm角基板を用いた有機ELデバイスの試作が可能です。

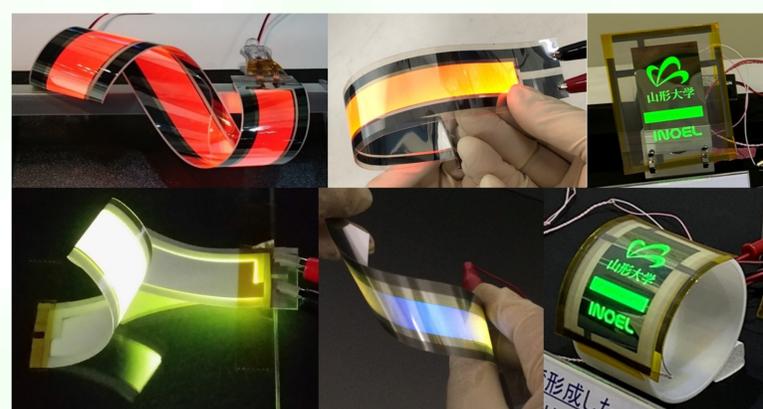


30cm角基板対応有機EL蒸着装置  
(トッキ製ELVESS)



## フレキシブル有機EL

フレキシブル有機ELデバイスの作製が可能です。



保有技術

# 有機EL&有機薄膜太陽電池評価 Evaluations of OLED & OPV

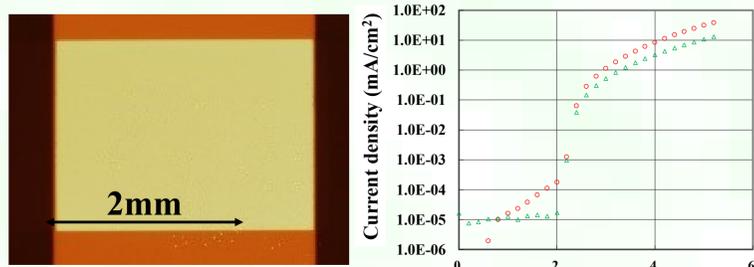
各連携企業の技術(材料、部材、デバイス構成、プロセス、装置など)を用いて作製した有機EL(OLED)、有機薄膜太陽電池(OPV)を実用視点から技術評価します。

評価結果はすべてフィードバックし、その後の研究開発、ユーザーへの技術プレゼンなどに活用いただけます。

企業にて有機EL、ディスプレイ、照明などの実用開発を行ってきた教員の豊富な経験を活かし、適切な評価実験を組むと併に、適確な考察、課題抽出、課題解決提案などを行います。

## 有機EL(OLED)評価

有機ELデバイス(OLED)の発光状態、電圧-電流-輝度(V-I-L)特性、発光スペクトルなどを評価します。この評価により、有機ELに用いる材料、デバイス構成などの技術ポテンシャル、課題などを確認します。

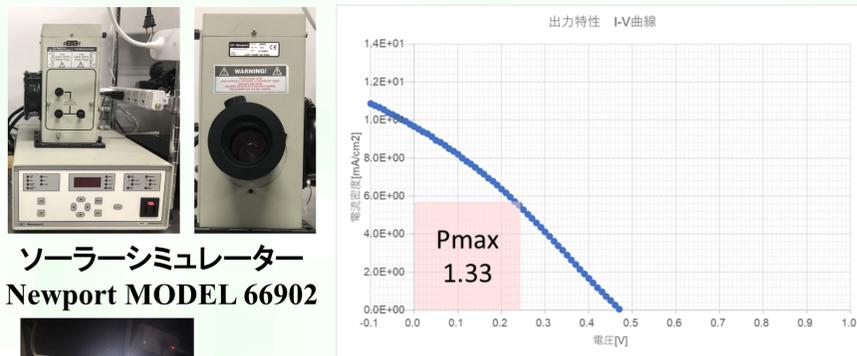


均一発光の例

I-V特性

## 有機薄膜太陽電池(OPV)評価

ソーラーシミュレーターを用いて、有機薄膜太陽電池デバイス(OPV)の出力特性を評価します。



ソーラーシミュレーター  
Newport MODEL 66902

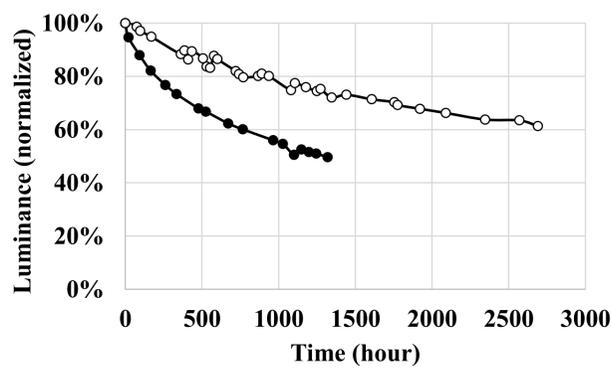


1SUN(1000W/m<sup>2</sup>)  
AM1.5 室温  
約10万 LUX

## 寿命評価1(駆動寿命)

有機ELデバイスに一定電流を流し続けたときの輝度劣化を測定します。

この評価によって有機ELに用いる材料、デバイス構成などの技術ポテンシャル、課題などを確認します。

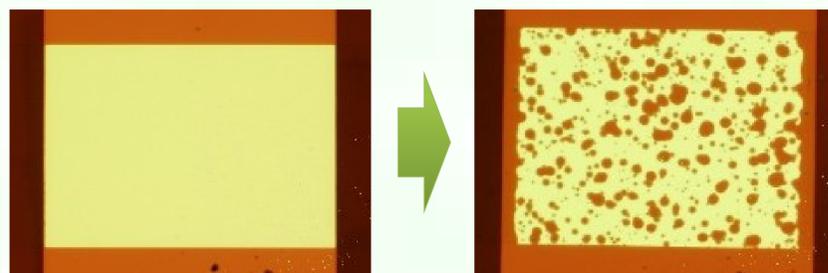


輝度寿命評価

## 寿命評価2(保存寿命)

有機ELデバイスは水分に弱いので、高温高湿条件下で保存した後に発光状態を観察することで、保存寿命を評価します。

この評価によって有機ELに用いる材料、部材などの技術ポテンシャル、課題などを確認します。



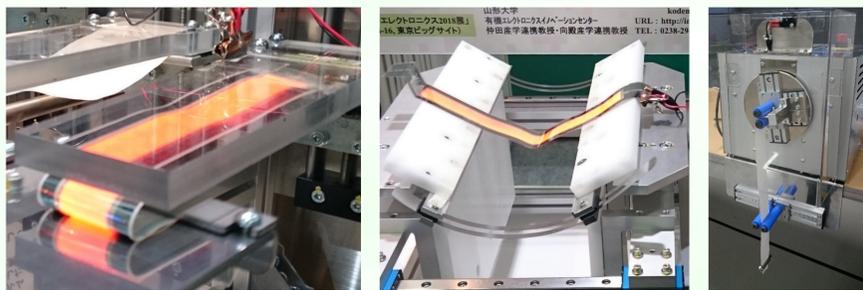
初期の発光状態  
(欠陥なし)

高温高湿保存後の発光状態  
(ダークスポット発生)

## 屈曲試験

フレキシブルデバイスに屈曲試験によるメカニカルストレスを与えて、その影響を評価します。

この評価によって、フレキシブルデバイスとしての実用的ポテンシャル、課題などを確認します。



U字折り返し

V字折曲げ

両方向屈曲

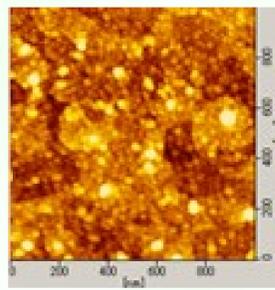
## その他

各企業からの要望に応じて、さまざまな評価が可能です。(例)

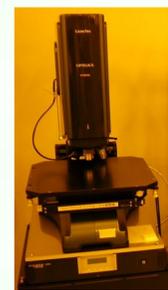
- ・イオン化ポテンシャル測定
- ・欠陥解析
- ・SEM, AFM
- ・3次元形状測定



イオン化ポテンシャル  
測定装置



AFM観察



ハイブリッドコン  
フォーカル顕微鏡

保有技術

# ロールtoロール(R2R)技術・印刷技術 Roll-to-roll (R2R) and Printing Technologies

蒸着技術・フォトリソグラフィ技術を軸とした従来のプロセス技術を革新する新規高生産性技術として、ロールtoロール(R2R)技術、印刷技術の開発に取り組んでいます。

## ロールtoロール(R2R)技術

3台の独自ロールtoロール(R2R)装置を保有しており、電極、絶縁層、バリア層、有機層などの成膜、印刷、パターニングなどに活用できます。

- ・ロール幅: 30cm
- ・適応基板: 超薄板ガラス、ステンレス箔、フレキシブルフィルム



R2Rスパッタ  
& CVD  
(神戸製鋼所)



R2Rスクリーン印刷  
& スリットコーター  
(セリア)



R2Rウェット洗浄  
(FEBACS)

## 印刷技術・塗布技術

スクリーン印刷、グラビアオフセット印刷、フレキソ印刷、インクジェット、スリットコーティング、スプレーコーティングなどの装置及び技術を保有しています。

これらの装置を活用して、様々な印刷実験、デバイス作製などが可能です。



スクリーン印刷



フレキソ印刷/  
グラビアオフセット印刷



インクジェット



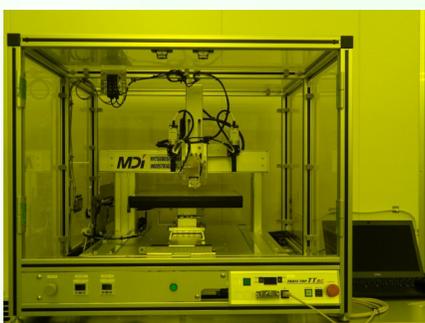
スプレー



スピコート

## プロセス技術

基板カッティング装置、3D熱成形装置などを保有しています。



超薄板ガラス切断装置



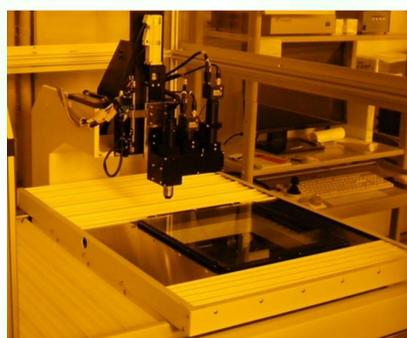
3D熱成形装置

## 評価技術

ロールtoロール技術、印刷技術の研究開発に必要な評価技術を取り揃えています。



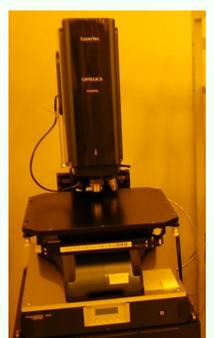
接触角測定



精密座標測定



粘弾性測定



ハイブリッドコン  
フォーカル顕微鏡

保有技術

# ガスバリア性評価 / 国際標準化

## Evaluation of Gas Barrier / International Standardization

ガスバリア性評価技術は、フレキシブル有機エレクトロニクスにおいて非常に重要です。「Ca腐食法」と「MA法」(株式会社MORESCOとの連携)の2種類のガスバリア性評価技術を保有しています。また、ガスバリアフィルムのSEMI[\*]の国際標準化に貢献しています。

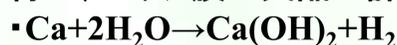
[\*] SEMI規格は、半導体やFPD産業の国際工業規格の統一を目的に定めた規格です。

本ページで紹介する規格はFlat Panel Display (FPD) - Materials & Components委員会で制定されました。

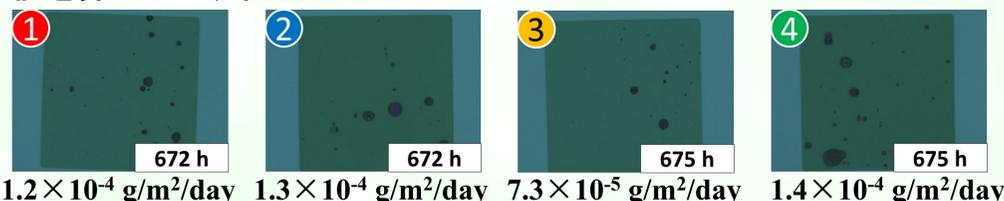
### Ca腐食法

✓ Ca腐食法は、基板上に形成したCa薄膜が水分によって変化する様子を光学的に観察し、ガスバリア性の指標であるWVTR(Water Vapor Transmission Rate)値を算出します。

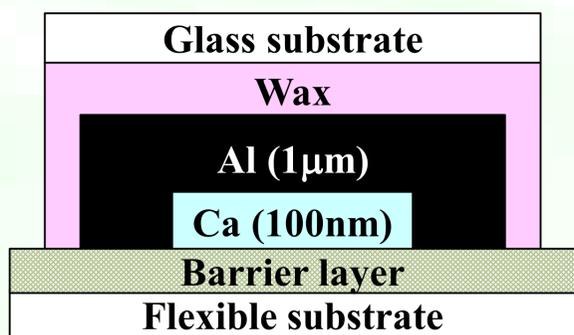
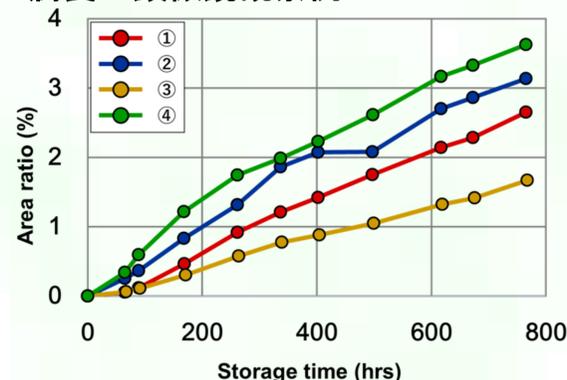
特に、バリア膜の欠陥の評価などに有効です。



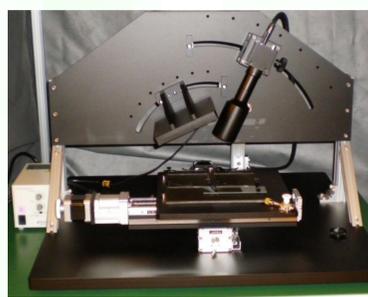
✓ SEMI D78 - Test Method of Water Vapor Barrier Property for Plastic Films with High Barrier for Electronic Devices (面積比と欠陥数の経時変化によるガスバリア特性評価方法)



Ca腐食の顕微鏡観察例



Ca腐食測定装置



Ca腐食法評価デバイス構成

IDW'18, FLXp1-10L (2019).

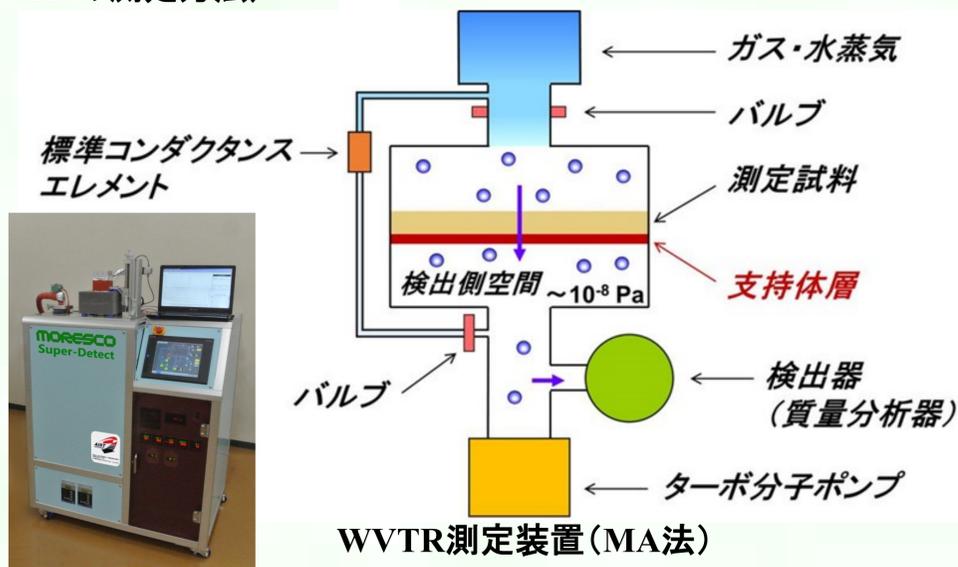
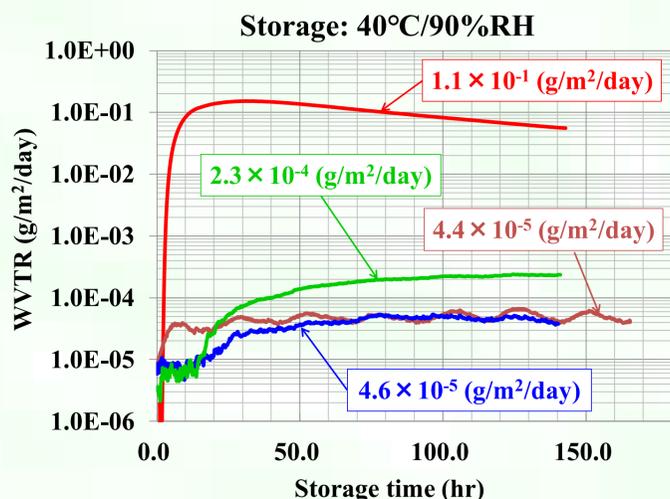
### MA法

ガス・水蒸気透過率(WVTR: Water Vapor Transmission Rate) 受託評価 (連携企業: 株式会社MORESCO)

✓ MA法(Modified differential pressure method with an attached support)は、株式会社MORESCOと国立研究開発法人 産業技術総合研究所が共同開発した支持体層を用いる測定法です。

✓ 当研究グループでは、MA法を用いた株式会社MORESCO社製のガス・水蒸気透過率測定装置「スーパーディテクト」を用いて、サンプル(フィルム)のガス・水蒸気透過率測定の受託分析を行っています。

✓ SEMI D80 - Test Method for Measurement of Water Vapor Transmission Rate for High Gas Barrier Plastic Film in a Short Time (質量分析計を用いたWVTRの測定方法)



WVTR測定装置(MA法)

### フィルム基板の評価法

✓ SEMI D74 - Guide for Measuring Dimensions of Plastic Films/Substrates (プラスチックフィルム/基板の寸法やそりを測定するための測定手順を規定)

### 共同研究

帝人株式会社、株式会社MORESCO

### 関連プログラム

- JST: 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)~「山形大学・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展開」(JPMOP1614) [2016年度~2021年度]
- 文部科学省: オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

技術成果

YU-FIC

# 超薄板ガラスを用いたフレキシブル有機EL Flexible OLEDs on Ultra-thin Glass

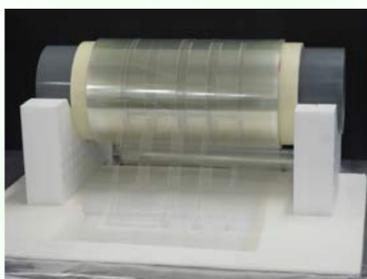
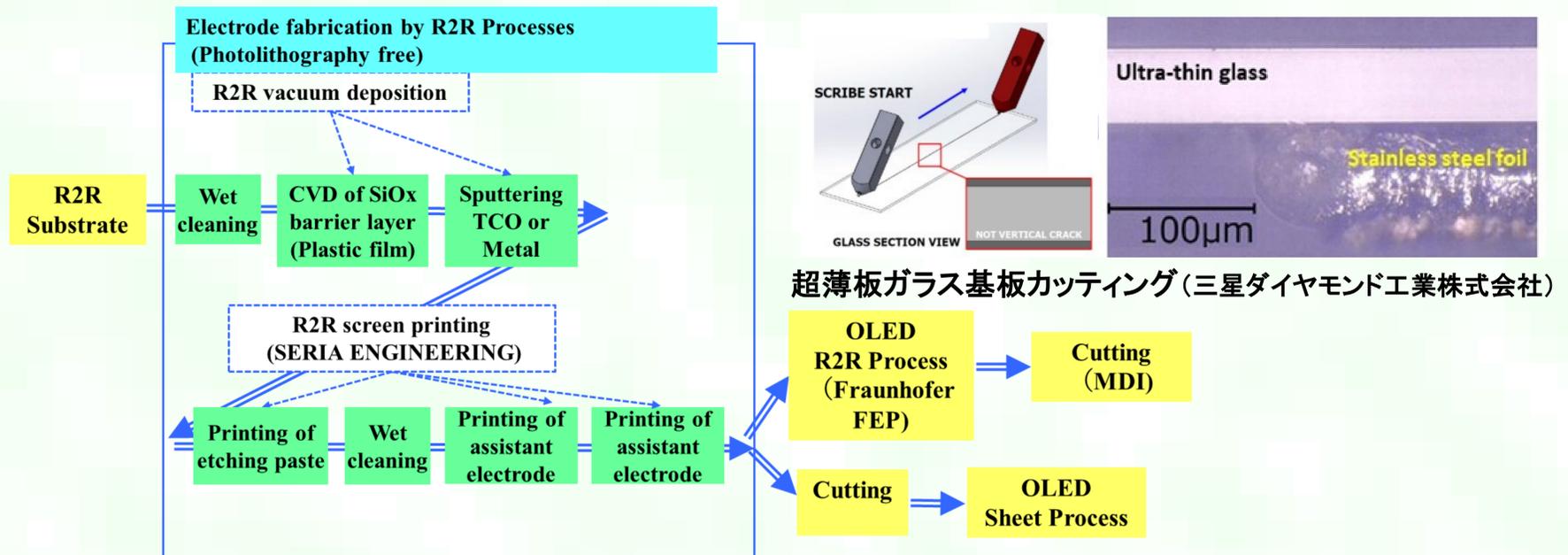
ロールtoロール(R2R)法によって**透明電極付き超薄板ガラス基板**を作製し、この基板を用いて有機ELデバイスを作製する技術を、**日独連携**で開発しています。

## 技術の特長

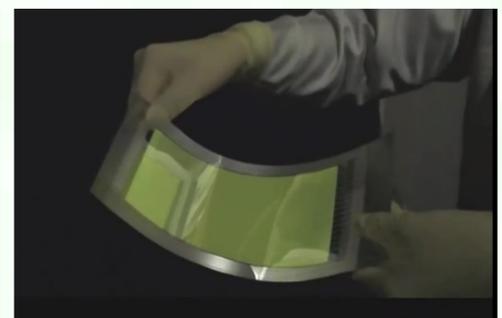
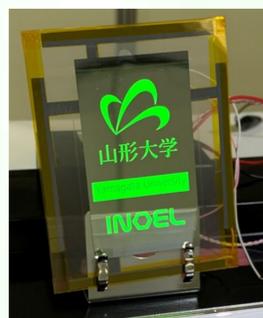
- **日本電気硝子製超薄板ガラスG-Leaf®**を使用
  - ・ **厚さ50μm**による柔軟性, **ロールtoロール(R2R)**プロセス可能
  - ・ ガラス基板の本質的な特長(ハイガスバリア, 表面平坦性, 温度安定性, 化学安定性, サイズ安定性等)

## 主な技術成果

- 厚さ50μmの超薄板ガラス上にフレキシブル有機デバイス作製
  - ・ **フォトリソフリープロセス**により透明電極と補助電極をロールtoロール(R2R)プロセスで形成
  - ・ 超薄板ガラスにダメージを与えない**有機ELデバイスの独自カットング技術**
- 超薄板ガラスに対応した**フレキシブルラミネート封止技術**



超薄板ガラス基板  
(電極パターンニング後)  
(日本電気硝子株式会社)



## 共同研究

Fraunhofer FRP, 日本電気硝子株式会社, 株式会社セリアエンジニアリング, 株式会社FEBACS, 三星ダイヤモンド工業株式会社, 日鉄ケミカル&マテリアル株式会社, 藤倉化成株式会社, 株式会社タイカ, テサテープ株式会社

## 関連プログラム

- 山形大学フレキシブルエレクトロニクス日独国際共同実用化コンソーシアム(YU-FIC) [2017/10~2023/3]
- JST: 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)~「山形大学・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展開」(JPMOP1614) [2016年度~2021年度]
- 文部科学省: オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

## 主な研究発表

- T. Furukawa, M. Koden, IEICE Trans. Electron, E100-C, 949 (2017).  
“Novel roll-to-roll deposition and patterning of ITO on ultra-thin glass for flexible OLEDs”
- T. Furukawa, J. Hauptmann, T. Nakagaki, R. Ikeuchi, M. Sagawa, D. Nagata, J. Nakatsuka, IDW'21, FLX5/FMC6-1 (2021).  
“Roll-to-Roll Fabrication for OLED Lighting Using Ultra-Thin Glass Substrate and Encapsulating Stainless Steel Foil”
- T. Nakagaki, T. Kawabata, H. Takimoto, T. Furukawa, IDW'19, FLXp1-9L (2019).  
“Scribing Tool and Cutting Method for Ultra-thin Glass”
- T. Furukawa, K. Mitsugi, S. Akiyama, H. Itoh, D. Kobayashi, T. Suzuki, H. Kuroiwa, M. Sakakibara, K. Tanaka, M. Kawamura, M. Koden, IDW'14, FLX3-4 (2014). “Patterned ITO Film by Roll-to-Roll Process on Ultra-thin Glass”

技術成果

YU-FIC

# 超薄板ガラスを用いたフレキシブル有機ELの強度補強

## Improved Mechanical Strength of Flexible OLEDs on Ultra-thin Glass

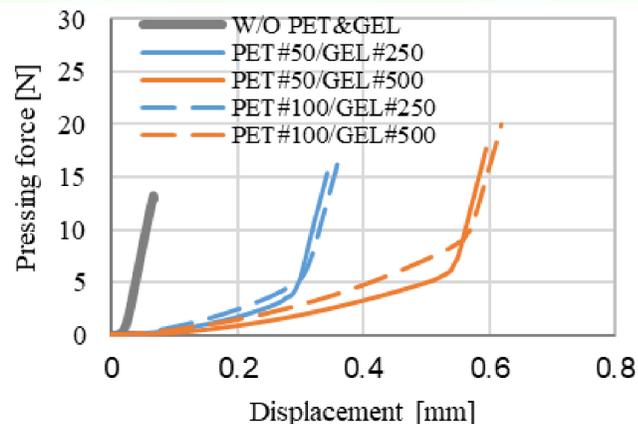
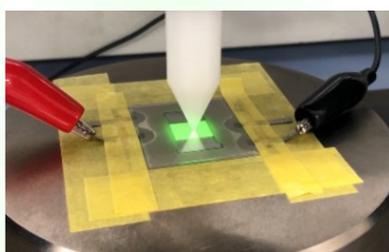
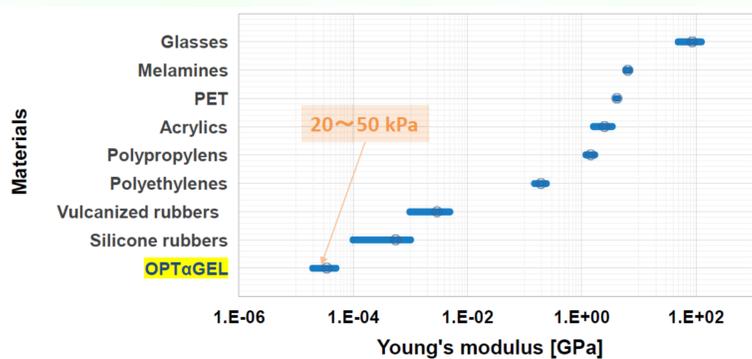
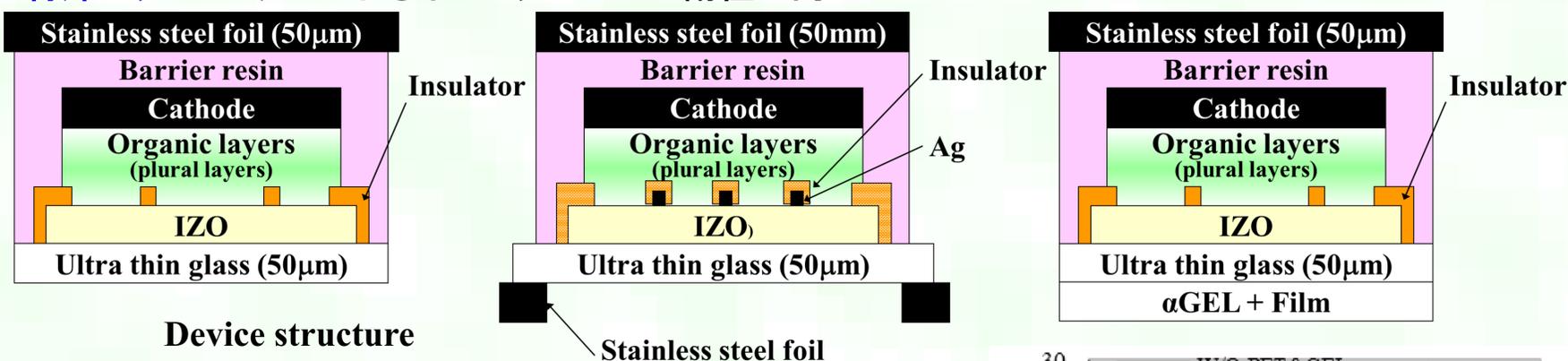
超薄板ガラスの課題の一つは割れやすさです。  
超薄ガラス上に形成した有機ELデバイスの**機械的強度を補強**する技術を開発しています。

### 技術の特長

- 厚さ50 $\mu\text{m}$ の超薄板ガラス上に作製したフレキシブル有機ELデバイスの機械的強度の向上

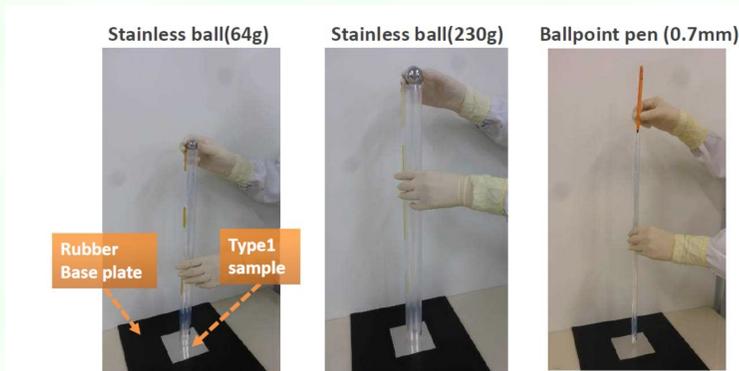
### 主な技術成果

- ステンレス箔封止による機械的耐性の向上
- ガラス切断技術におけるサイドからのクラック発生抑制(特に曲げ耐性の向上)
- 特殊シリコーンゲルによるインパクトストレス耐性の向上



Young's modulus of various materials

Pressure stress test ( $\alpha$ GEL)



| Cover film / Thickness [ $\mu\text{m}$ ] | Protection layer  |                     | Height when glass cracked [cm] |                    |
|--|---|---------------------|--------------------------------|--------------------|
|  | OPT $\alpha$ GEL t250 $\mu\text{m}$ Needle penetration [1/10mm] | Stainless ball drop | Stainless ball drop            | Ballpoint pen drop |
| -  | -   | 64 [g]              | 230 [g]                        | 10                 |
| PET / 100                                | -   | 60~80               | 20~40                          | 20~50              |
| PC / 200                                 | -   | 90~100              | 60~80                          | 50~70              |
| PET / 100                                | 130   | 50~60               | > 100                          | 50~60              |
| PC / 200                                 | 130   | > 100               | 70                             | 50~60              |
| PC / 200                                 | 90  | > 100               | 90                             | 50~70              |
| PC / 200                                 | 50  | > 100               | > 100                          | 80                 |
| PC / 200                                 | 25  | > 100               | 100                            | 50~60              |
| PC / 200                                 | 25  | > 100               | 80~90                          | 60                 |

Drop Impact test ( $\alpha$ GEL)

### 共同研究

日本電気硝子株式会社, 三星ダイヤモンド工業株式会社,  
日鉄ケミカル & マテリアル株式会社, 株式会社タイカ, テサテープ株式会社

### 関連プログラム

- 山形大学フレキシブルエレクトロニクス日独国際共同実用化コンソーシアム(YU-FIC) [2017/10~2023/3]
- JST: 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)~「山形大学・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展開」(JPMOP1614) [2016年度~2021年度]
- 文部科学省: オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

### 主な研究発表

- T. Furukawa, J. Hauptmann, T. Nakagaki, R. Ikeuchi, M. Sagawa, D. Nagata, J. Nakatsuka, IDW'21, FLX5/FMC6-1 (2021). "Roll-to-Roll Fabrication for OLED Lighting Using Ultra-Thin Glass Substrate and Encapsulating Stainless Steel Foil"
- M. Natsuka, Y. Ono, H. Mataka, S. Usui, H. Suzuki, M. Abe, T. Furukawa, IDW'21, FLX5/FMC6-2 (2021). "Protection of OLED Lighting with Ultra-Thin Glass by Special Silicone Gel"

技術成果

YU-FIC

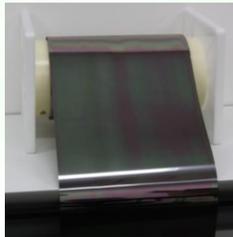
# 高機能ステンレス箔・バリアフィルムを用いたフレキシブル有機EL Flexible OLEDs on Stainless Steel Foil or Barrier Film

高機能ステンレス箔(日本製鉄グループ製)やPENフィルム(帝人製)をフレキシブル有機ELパネルに適用する研究開発を進めています。

## 技術の特長

### ■ 高機能ステンレス箔(日本製鉄グループ製)

- ・厚さ: 50 $\mu$ m or 30 $\mu$ m
- ・優れた表面平坦性(Ra $\sim$ 0.6nm)
- ・優れた耐熱性、プロセス耐性
- ・高いガスバリア性



高機能ステンレス箔

### ■ PENフィルムあるいはPETフィルムを用いたバリアフィルム

- ・ロールtoロール(R2R)プロセスでCVDバリア層を形成
- ・高いガスバリア性: WVTR $\sim$ 10<sup>-6</sup>g/m<sup>2</sup>/day (WVTR: Water Vapor Transmission Rate)

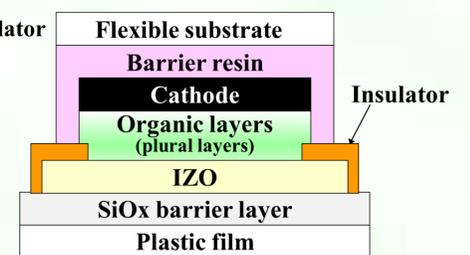
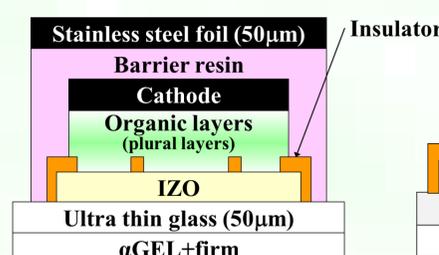
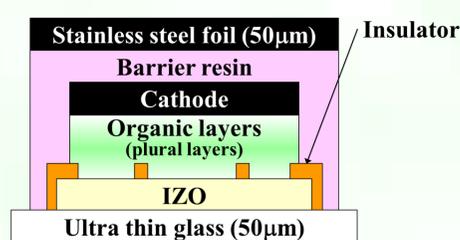
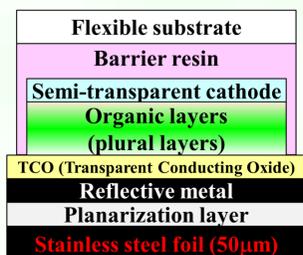
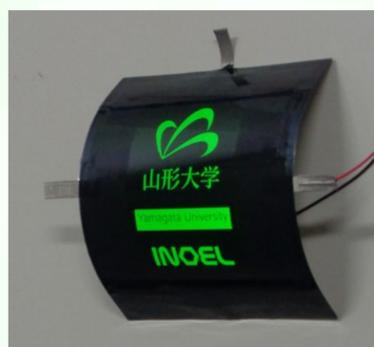
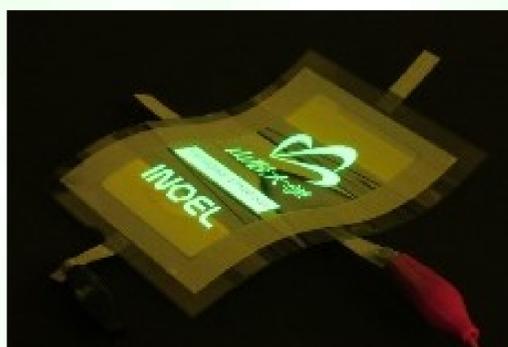
## 主な技術成果

### ■ ステンレス箔

- ・ロールtoロール(R2R)方式のフォトリソグラフィーフリープロセスでステンレス鋼箔上に電極(反射陽極)を形成
- ・ステンレス箔上にフレキシブル有機ELデバイス作製
- ・超薄ガラス上に作製した有機ELデバイスをステンレス箔でラミネート封止し、有機ELデバイスの機械的耐久性を向上

### ■ バリアフィルム

- ・ロールtoロール(R2R)方式でフィルム上に単層バリア層と透明電極層を形成(フォトリソフリー)
- ・バリアフィルム上にフレキシブル有機EL試作品を作製



## 共同研究

帝人株式会社, 日鉄ケミカル&マテリアル株式会社, 日本電気硝子株式会社, 三星ダイヤモンド工業株式会社, 藤倉化成株式会社, テサテープ株式会社

## 関連プログラム

- 山形大学フレキシブルエレクトロニクス日独国際共同実用化コンソーシアム(YU-FIC) [2017/10~2023/3]
- 文部科学省: オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

## 主な研究発表

- K. Taira, Taiga Suzuki, W. Konno, H. Chiba, H. Itoh, M. Koden, T. Takahashi, T. Furukawa, IDW'18, FLX2-4L (2019). "Development of High Gas Barrier Film Using Novel Precursor by Roll to Roll PECVD"
- T. Suzuki, W. Konno, K. Taira, H. Chiba, H. Itoh, M. Koden, T. Takahashi, T. Furukawa, IDW'18, FLXp1-10L (2019). "High Gas Barrier Films with Heterogeneous Multilayer"
- K. Taira, T. Furukawa, N. Kawamura, M. Koden, T. Takahashi, IDW'17, FLXp1-8L (2018). "High gas barrier film for OLED"
- T. Furukawa, N. Kawamura, M. Koden, H. Itoh, H. Kuroiwa, K. Nagai, LOPEC (2017). "Gas barrier film for OLED devices"
- Y. Hagiwara, T. Furukawa, T. Yuki, S. Yamaguchi, N. Yamada, J. Nakatsuka, M. Koden, H. Nakada, IDW'17, FLXp1-9L (2017). "Roll-to-Roll Patterning of Reflective Electrode on Planarized Stainless Steel Foil"
- M. Koden, T. Furukawa, T. Yuki, H. Kobayashi, H. Nakada, IDW/AD'16, FLX3-1 (2016). "Substrates and Non-ITO Electrodes for Flexible OLEDs"
- Y. Hagiwara, H. Itoh, T. Furukawa, H. Kobayashi, S. Yamaguchi, N. Yamada, J. Nakatsuka, M. Koden, H. Nakada, IDW/AD'16, FLXp1-5 (2016). "Roll-to-Roll Processing of Silver/ITO Continuous Deposition on Planarized Stainless Steel Foil"

技術成果

YU-FIC

# ロールtoロール(R2R)法による電極付きバリアフィルム作製

## Roll-to-Roll (R2R) Fabrication of Barrier Film with Transparent Electrode

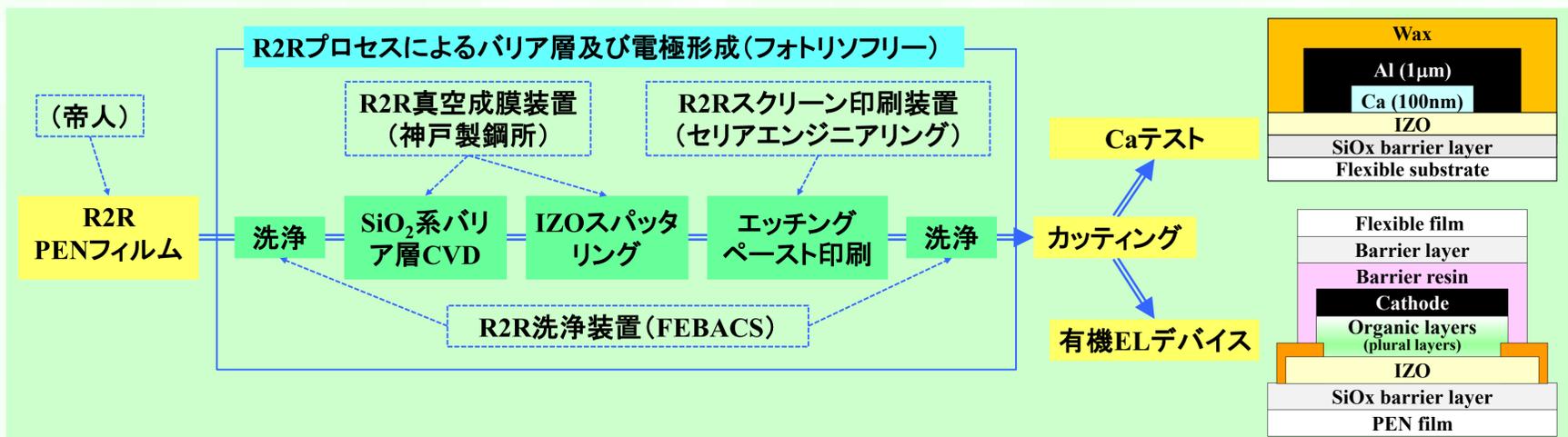
フレキシブルフィルム上にロールtoロール(R2R)成膜装置でバリア層と透明導電膜を形成する高生産性技術を開発しています。

### 技術の特長

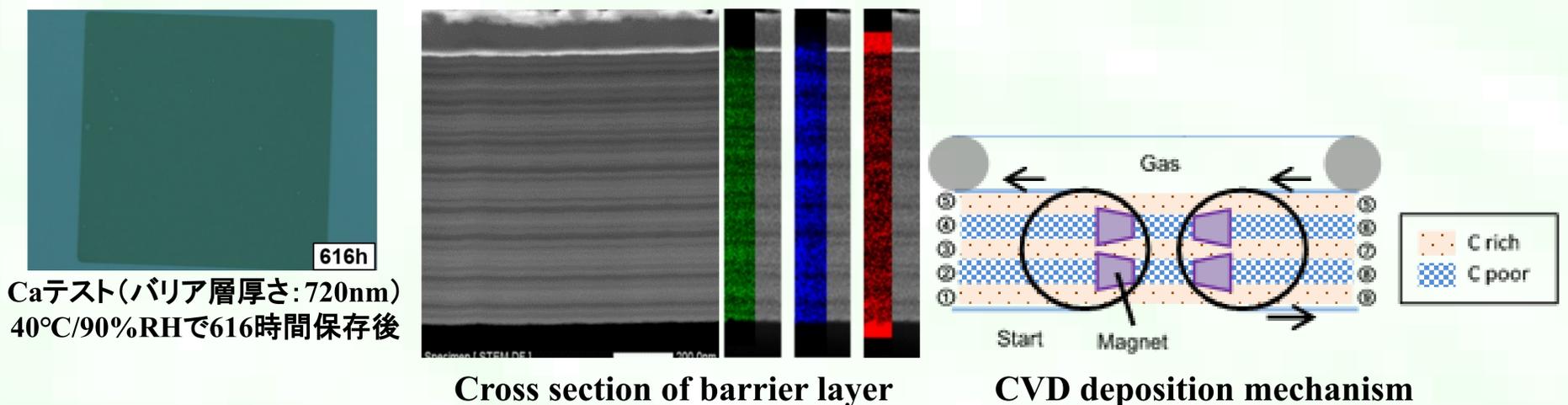
- バリア層: **ロールtoロール(R2R)PE-CVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)**でフィルム上に単層バリア層を形成
  - ・単層膜で高いバリア性:  $10^{-6}g/m^2/day$ 台の水蒸気透過率(WVTR)
- 透明電極膜: **ロールtoロール(R2R)スパッタリング**でバリア層上に透明電極を形成
  - ・高いバリア性を有する**透明電極付きガスバリアフィルム**を開発

### 主な技術成果

- ロールtoロール(R2R)方式でフィルム上に単層バリア層と透明電極層を形成(**フォトリソフリー**)



- 高いガスバリア:  $WVTR = 6.3 \times 10^{-6}g/m^2/day$



### 共同研究

帝人株式会社、東ソー株式会社、株式会社セリアエンジニアリング、株式会社神戸製鋼所、株式会社FEBACS,

### 関連プログラム

- J山形大学フレキシブルエレクトロニクス日独国際共同実用化コンソーシアム(YU-FIC)[2017/10~2023/3]
- JST:産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)~新規研究領域・共創コンソーシアム「山形大学・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展開」(JPMOP1614)[2016年度~2021年度]
- 文部科学省:オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

### 主な研究発表

- K. Taira, Taiga Suzuki, W. Konno, H Chiba, H. Itoh, M. Koden, T. Takahashi, T. Furukawa, IDW'18, FLX2-4L (2018). "Development of High Gas Barrier Film Using Novel Precursor by Roll to Roll PECVD"
- T. Suzuki, W. Konno, K. Taira, H Chiba, H. Itoh, M. Koden, T. Takahashi, T. Furukawa, IDW'18, FLXp1-10L (2018). "High Gas Barrier Films with Heterogeneous Multilayer"
- K. Taira, T. Furukawa, N. Kawamura, M. Koden, T. Takahashi, IDW'17, FLXp1-8L (2017). "High gas barrier film for OLED"
- T. Furukawa, N. Kawamura, M. Koden, H. Itoh, H. Kuroiwa, K. Nagai, LOPEC (2017). "Gas Barrier Film for OLED Devices"

技術成果

YU-FIC

# インモールドエレクトロニクス技術 In-Mold Electronics (IME) Technology

フレキシブル基板上に機能部品、印刷配線などを配置し、3次元成形、インモールド技術によって、機能部品や印刷配線が樹脂内に組み込まれた**新規インモールドエレクトロニクス技術**を開発しています。

## 技術の特長

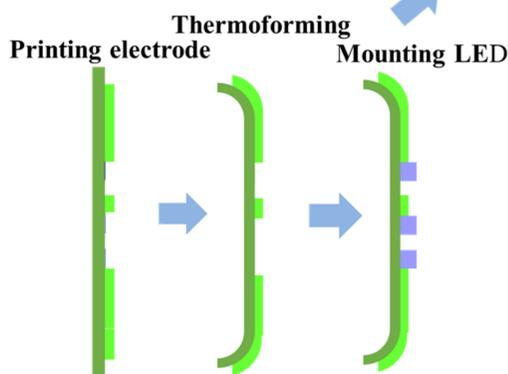
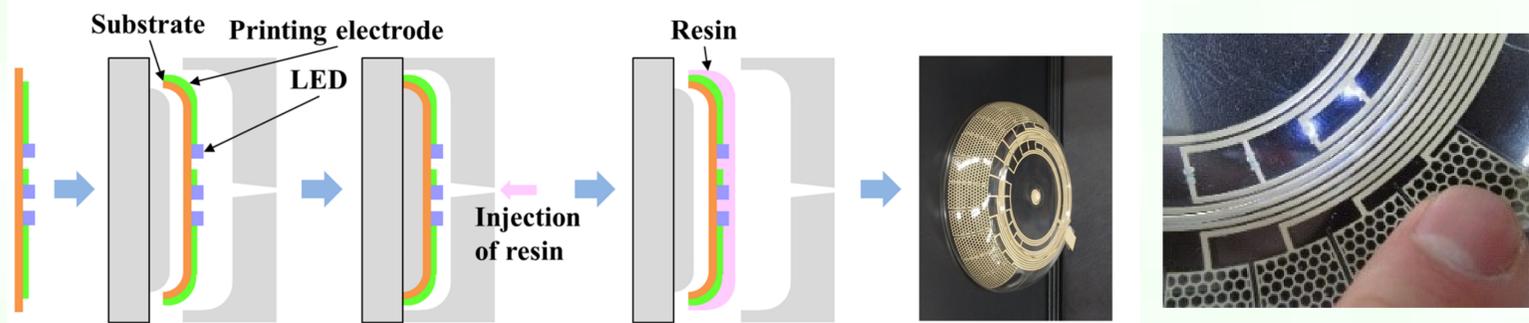
- 電極付きフレキシブル基板を3次元成形
- 印刷による基板製造工程を短縮

## 想定される用途

- センサー応用(農業用センサー、水中センサー等)
- 自動車のインテリア(インパネ, コンソールへの応用等)
- 薄型IoTデバイス

## 主な技術成果

- **タッチスクリーンとLEDを成形品内部にモールドした3次元形状試作品**  
・フレキシブル基板の上に印刷配線、機能部品を設置して3次元成形し、樹脂でモールド

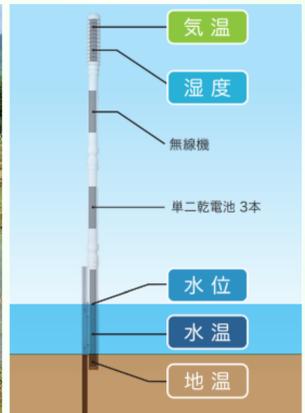
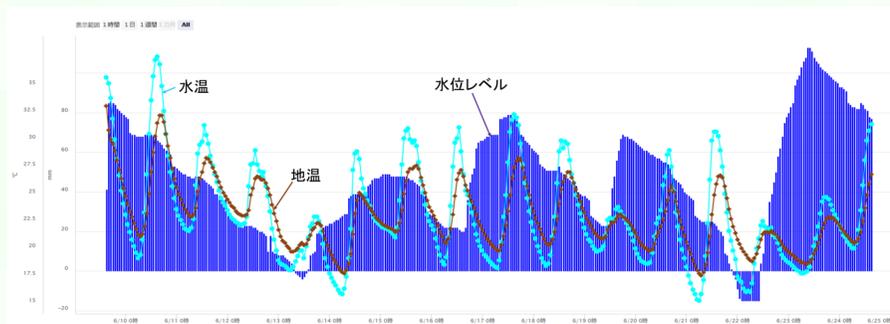


「有機デバイス総合展2021」  
(東京ビッグサイト)



- **農業用センサーへの応用と実証試験**

- ・開発技術を農業用センサー(ニシム電子製MIHARAS)に応用
- ・米沢市及び登米市の水田で実証実験(2021年)



## 共同研究

株式会社愛和ライト, 株式会社日本製鋼所, 帝人株式会社,  
藤倉化成株式会社, ニシム電子工業株式会社

## 関連プログラム

- 山形大学フレキシブルエレクトロニクス日独国際共同実用化コンソーシアム(YU-FIC)[2017/10~2023/3]
- 文部科学省:オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

## 主な研究発表

- Y. Kawamura, T. Takahashi, T. Furukawa, ICFPE 2021, 2Rm401-08-02 (2021). “Student Oral Presentation Award”受賞  
“Improvement of printed electrodes disconnection after 3D thermoforming by optimizing print process on PC film”
- Y. Kawamura, T. Takahashi, K. Wakabayashi, H. Hirose, Y. Azakami, H. Itoh, T. Furukawa, IDW'20, FLX3-04L (2020).  
“Effect of Pressure Forming Conditions on PC Sheet integrating Electric Wiring for 3D Electronics Technology”
- 山形大学; 「有機デバイス総合展」(2021.10 / 東京ビッグサイト).
- 山形大学; 「JFlex2020展」(2020.1 / 東京ビッグサイト), 「JFlex2021展」(2020.12 / オンライン).

技術成果

# 3次元熱成型における配線の断線メカニズム解明

## Mechanism analysis of electrode disconnection in 3D thermoforming

電極付き基板の3次元加工の基礎実験を進めています。

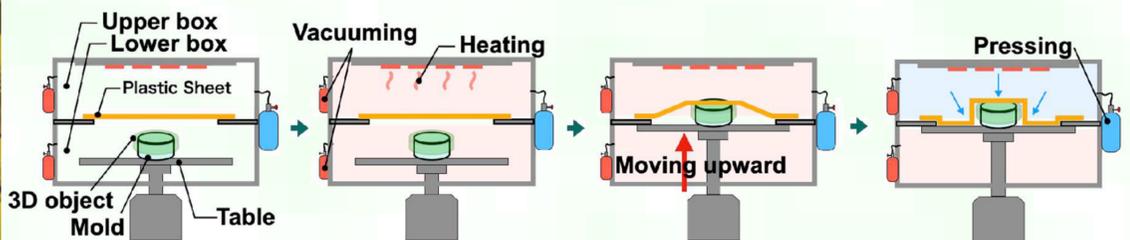
### プロセス



スクリーン印刷機

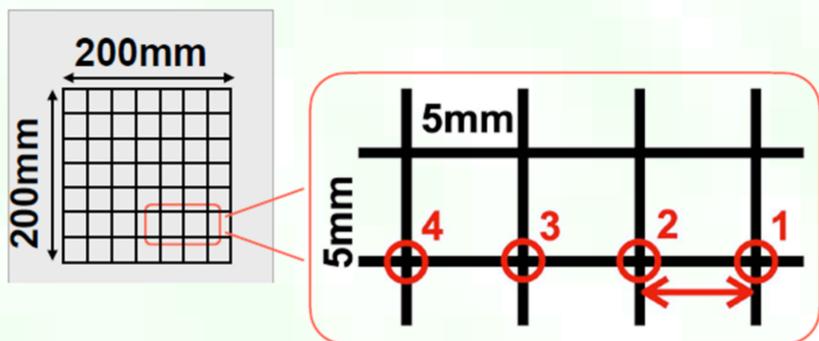


3次元熱加工機



3次元加工プロセス

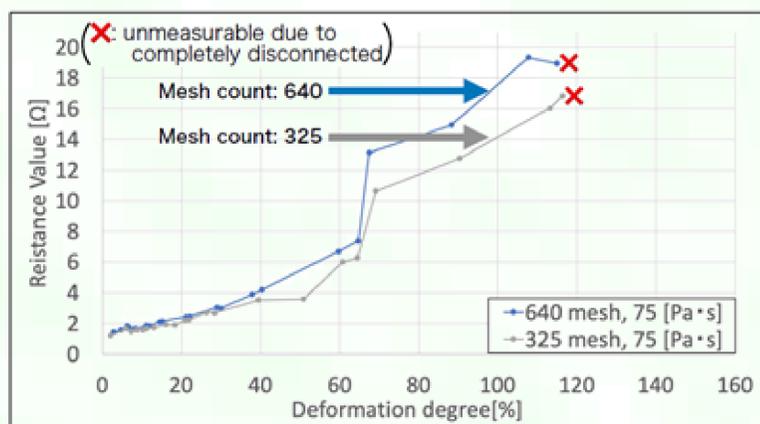
### 熱成型実験



プラスチックシートに導電ペースト印刷

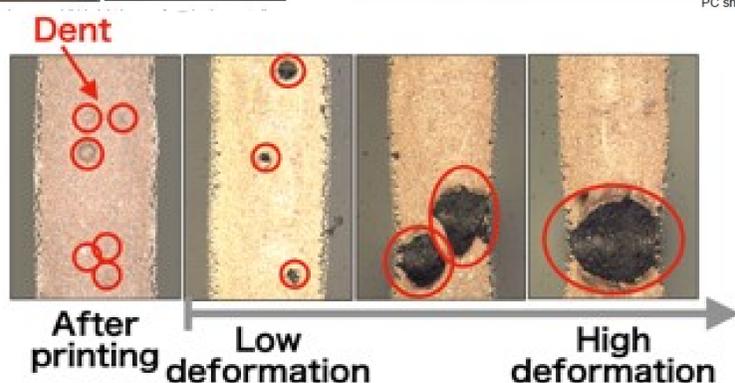
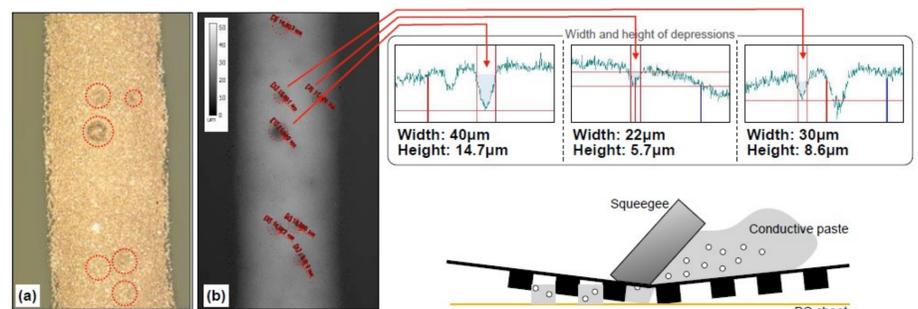


成型加工



[Relation between resistance value and deformation degree]

基板伸びと抵抗値



断線機構

### 共同研究

帝人株式会社, 藤倉化成株式会社

### 関連プログラム

- 山形大学フレキシブルエレクトロニクス日独国際共同実用化コンソーシアム(YU-FIC)[2017/10~2023/3]
- JST: 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)~「山形大学・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展開」(JPMOP1614)[2016年度~2021年度]
- 文部科学省: オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

### 主な研究発表

- Y. Kawamura, T. Takahashi, T. Furukawa, ICFPE 2021, 2Rm401-08-02 (2021). “Student Oral Presentation Award”受賞 “Improvement of printed electrodes disconnection after 3D thermoforming by optimizing print process on PC film”
- Y. Kawamura, T. Takahashi, K. Wakabayashi, H. Hirose, Y. Azakami, H. Itoh, T. Furukawa, IDW'20, FLX3-04L (2020). “Effect of Pressure Forming Conditions on PC Sheet integrating Electric Wiring for 3D Electronics Technology”

技術成果

# 有機エレクトロニクス技術を用いた広告用製品開発

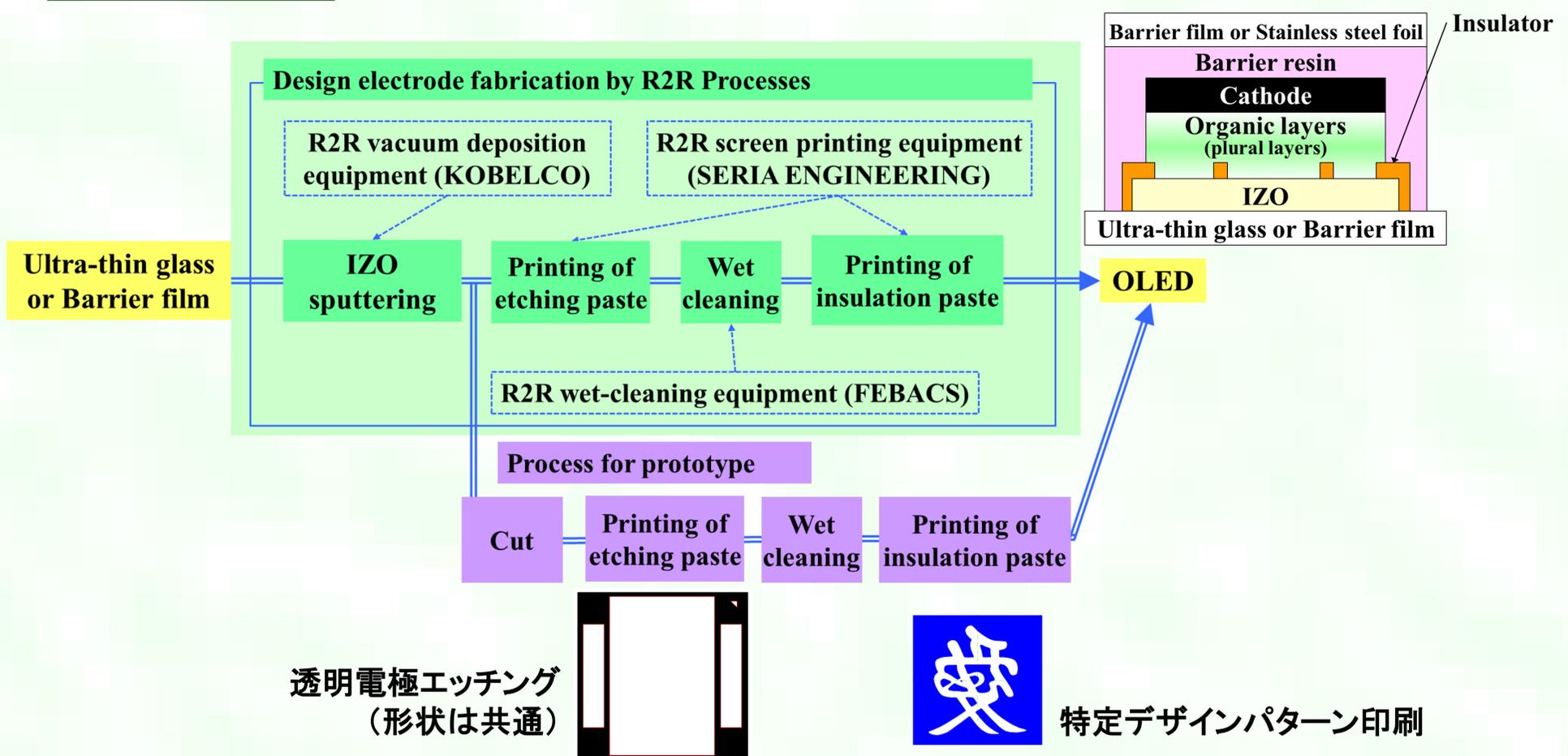
## YU-FIC Application of organic electronics technologies to interactive advertisement

有機エレクトロニクス技術を用いた**広告用製品開発**として、パッケージ用などのフレキシブル有機ELを作製する技術の研究開発を進めています。

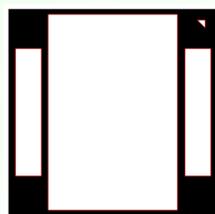
### 技術の特長

- 特定の発光デザインを有するフレキシブル有機ELによる高付加価値商品の創出
  - ・透明電極上にスクリーン印刷を用いて特定の樹脂パターンを形成
- 用途候補: パッケージ、広告、お土産グッズ、お守り、表札、しおり、など

### 作製プロセス



透明電極エッチング (形状は共通)



特定デザインパターン印刷



しおり



印籠



ペンケース



表札



お土産グッズ



お守り

共同研究

株式会社小森コーポレーション, 竹田印刷株式会社, 株式会社タイカ

関連プログラム

- 山形大学フレキシブルエレクトロニクス日独国際共同実用化コンソーシアム(YU-FIC)[2017/10~2023/3]
- 文部科学省: オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

技術成果

YU-FLEC

# メタルメッシュ埋め込み型ITO代替透明電極技術

## Non-ITO Transparent Electrode with Implanted Metal-mesh Structure

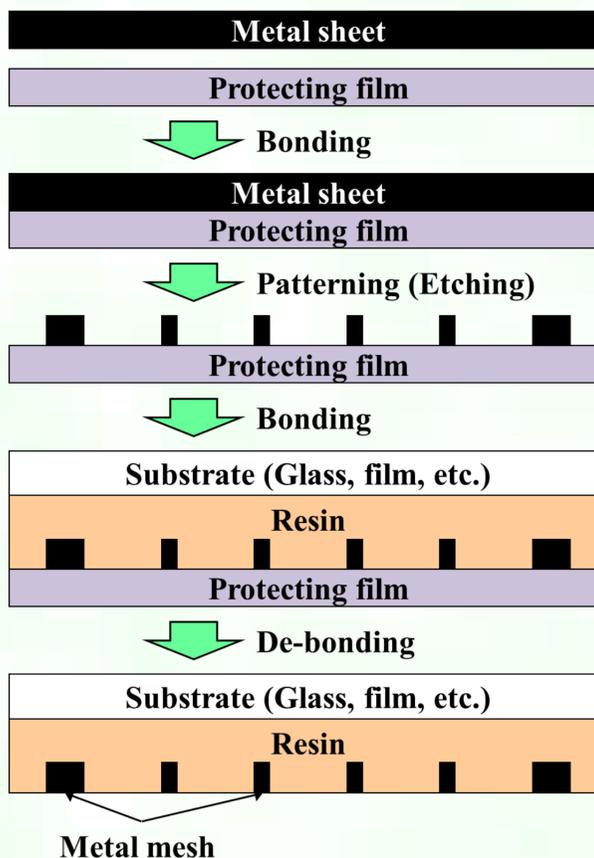
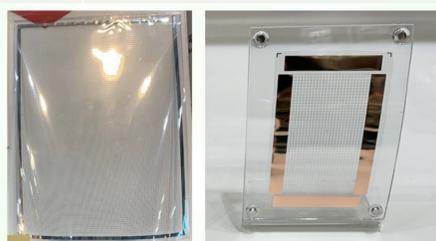
液晶や有機ELデバイスで用いる代表的な透明導電膜であるITO (Indium Tin Oxide)はコスト、生産性などの点で課題を有しています。

ITOに替わる新規な透明導電技術として東洋アルミニウム株式会社製メタルメッシュ埋め込み型電極を用いた有機ELデバイスの研究開発を共同で進めています。

### 技術の特長

- 東洋アルミニウム株式会社の開発したメタルメッシュ埋め込み電極
  - ・Al又はCuメッシュを用いた高い導電性
  - ・埋め込み構造による凹凸のない表面平坦性
  - ・有機EL、有機太陽電池などに応用可能
  - ・フレキシブルデバイス化可能

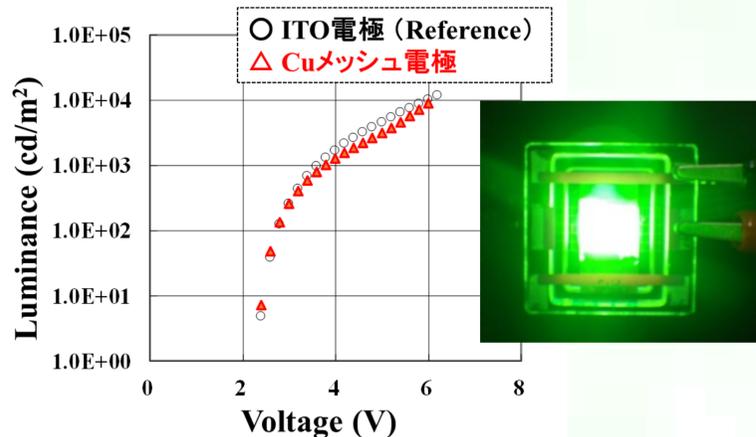
|                           | Sheet resistance |
|---------------------------|------------------|
| ITO (on glass)            | ~10Ω/□           |
| ITO (on film)             | ~40Ω/□           |
| Al mesh (thickness: 15μm) | 0.036Ω/□         |
| Cu mesh (thickness: 15μm) | 0.023Ω/□         |



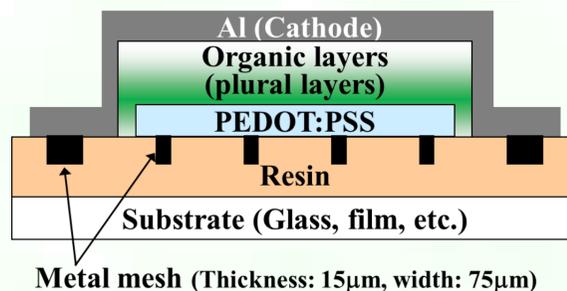
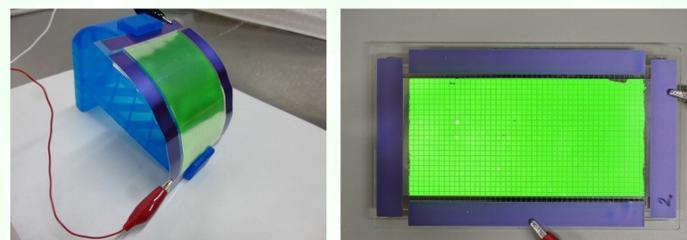
メタルメッシュ基板の作製法

### 主な技術成果

- メタルメッシュ埋め込み型電極を用いて有機ELデバイスを作製し、通常のITO電極を用いた場合と同等のI-V-L特性、高輝度化を実現



- メタルメッシュ埋め込み型電極を用いた有機EL試作品



### 共同研究

東洋アルミニウム株式会社, 佐野健志教授(山形大学INOEL)

### 関連プログラム

- 山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム(YU-FLEC) [2018/1~2023/3]
- JST:産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)オープンイノベーション機構連携型「山形大学/マテリアル×プロセスイノベーションによる革新的ソフト3D界面の創製とやわらかものづくり革命への展開」(JPMJOP1844) [2018年度~2022年度]
- 文部科学省:オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

### 主な研究発表

- 向殿充浩, 川村憲史, 結城敏尚, 仲田仁, 和栗一, 田健吾, 中尾凌, 南山偉明, 有機EL討論会第31回例会, S7-2 (2020). 「銅メッシュ埋め込み型ITO代替透明電極を用いた有機EL」
- 和栗一, 田健吾, 中尾凌, 南山偉明, 第30回マイクロエレクトロニクスシンポジウム(MES2020)秋季大会, 1B1-2 (2020). 「金属箔エッチング配線を使用した平滑フィルム回路基板」
- 山形大学; 「JFlex2020展」「TCTJAPAN」展(2020.1/東京ビッグサイト), 「JFlex2019展」(2019.1/東京ビッグサイト).
- 東洋アルミニウム株式会社; 化学工業日報(2020.1.20), 鉄鋼新聞(2020.3.19).
- 和栗一(東洋アルミニウム株式会社), 東洋アルミ技報, 「メッシュ電極」(2019).
- 東洋アルミニウム; 「ネプコンジャパン 電子部品・材料EXPO」(2020.1, 2019.1/東京ビッグサイト).

技術成果

YU-FLEC

有機EL用TFE封止技術

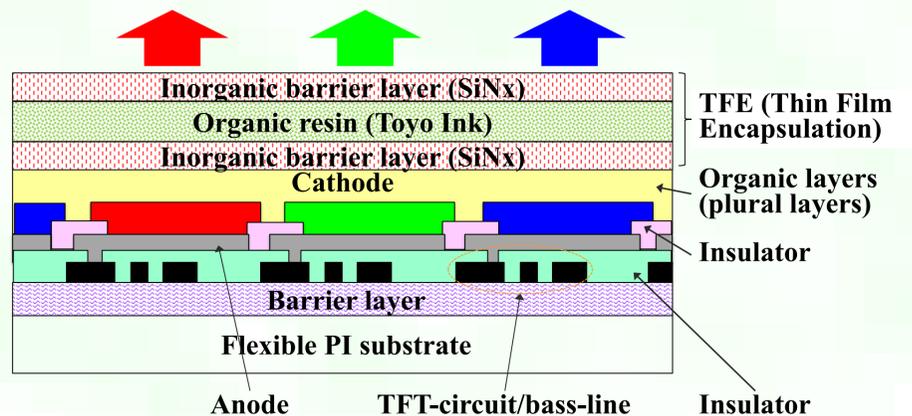
TFE (Thin Film Encapsulation) Technologies for OLEDs

有機ELデバイス用薄膜封止(TFE:Thin Film Encapsulation)において無機バリア層間に形成する樹脂膜の開発及び有機ELデバイスへの適用検討をトーヨーケム株式会社(東洋インキSCホールディングス株式会社グループ)と連携して推進しました。

10<sup>-6</sup>g/m<sup>2</sup>/day台の高いバリア性を実現し、有機ELデバイス試作品に適用しました。

技術の特長

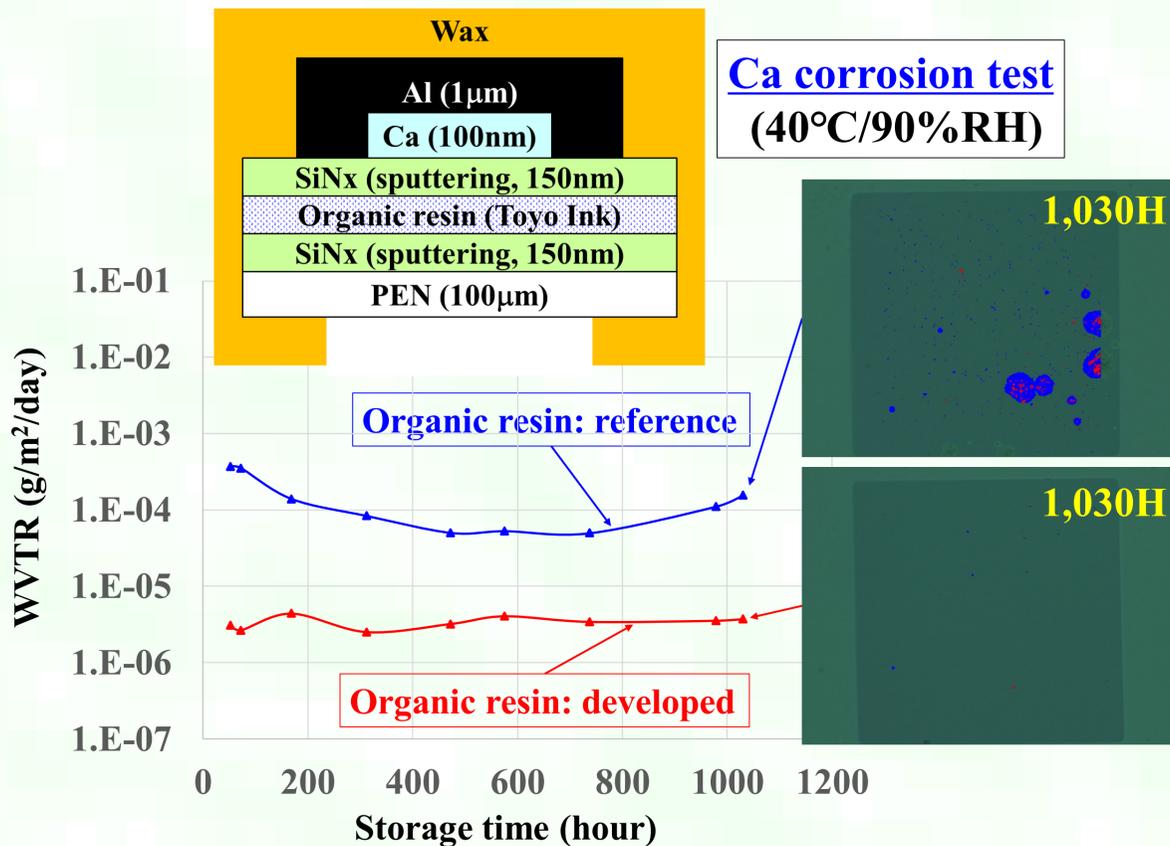
- トーヨーケム株式会社製「無溶剤型UV-IJ樹脂インキ」の特長
  - ・インクジェット印刷用のUV硬化型透明絶縁コート材料
  - ・SiN基材への密着が良好。バリア層を保護
  - ・波長395nmのUV光で硬化が可能
  - ・溶剤を一切含まない



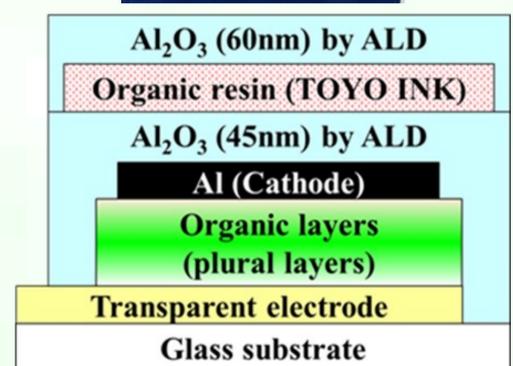
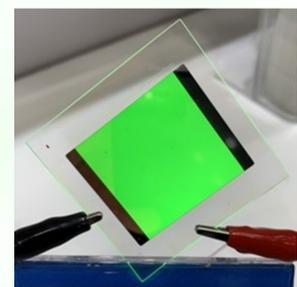
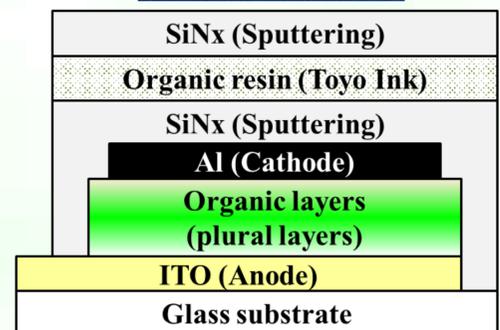
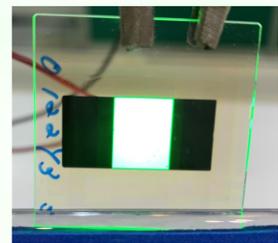
デバイス応用イメージ

主な技術成果

- 高いバリアを示すTFE構成
  - ・トーヨーケム株式会社製「UV-IJ樹脂インキ」を無機バリア層間に用いたTFE構造
  - ・バリア性:
    - \* 40°C/90%RH保存試験で1,000時間をクリア
    - \* WVTR (Water Vapor Transmission Rate): 10<sup>-6</sup>g/m<sup>2</sup>/day台(40°C/90%RH)



有機ELデバイスに適用



共同研究

トーヨーケム株式会社

関連プログラム

- 山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム(YU-FLEC) [2018/1~2023/3]
- 文部科学省:オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

主な研究発表・研究成果

- 山形大学;「JFlex2020展」(2020.1/東京ビッグサイト);「JFlex2019展」(2019.1/東京ビッグサイト).
- 本研究で扱った「UV-IJ樹脂インキ」技術は、トーヨーケム株式会社のリオレジスト® NSP 800(UV硬化型、インクジェット印刷用)として商品化されています。

技術成果

YU-FLEC

# オンデマンド有機ELパターンニング

## OnDemand Patterning of OLEDs by Ink-jet Printed Insulators

透明電極上に**インクジェットで絶縁膜を形成**することにより、簡便なプロセスで多種多様なデザインを有する有機ELの少量多品種製造技術を開発しました。この技術により、**オンリーワンデザインの有機EL**を作製可能となり、新たな用途展開に繋がります。

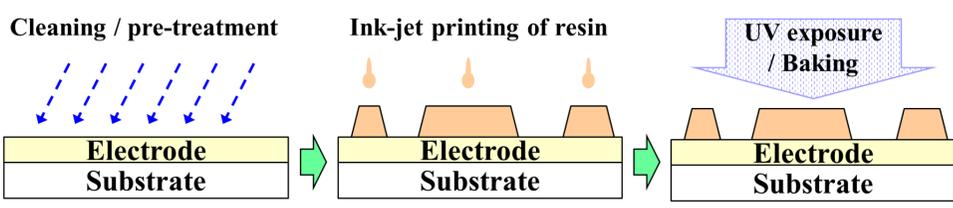
### 技術の特長

- 絶縁膜を**インクジェット**形成
  - ・簡便で安価なプロセス
  - ・**オンデマンド・デザイン**(多品種対応可能)  
「世界でただ一つの有機EL」が可能
  - ・パターンニングのためのフォトマスク不要
  - ・環境に優しい(廃液が少ない)
  - ・塗布しないエリアに材料・マスクが非接触

- トーヨーケム株式会社<sup>[\*]</sup>製**リオレジスト®** NSP800系「UV硬化型コート材料」(開発品)を使用
  - ・UV硬化タイプ(無溶剤)
  - ・インクジェット印刷適性
  - ・耐熱性の低いフィルム基板にも適用可能

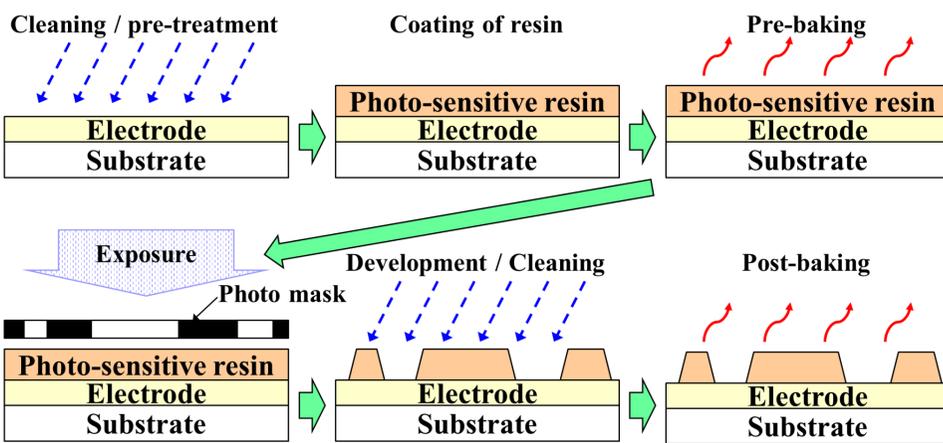
[\*]トーヨーケム株式会社は東洋インキSCホールディングス株式会社の100%子会社です。

### <インクジェットによる絶縁膜のオンデマンドパターン形成>



### <感光性フォトレジストを用いる従来法>

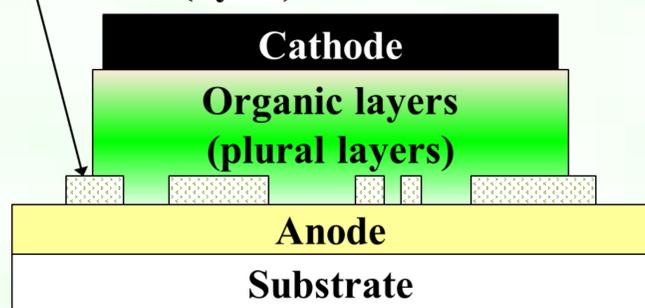
- ・高精細化が可能だが、プロセスが煩雑(高コスト)
- ・フォトマスク使用のため、オンデマンド化(多品種生産)に不向き



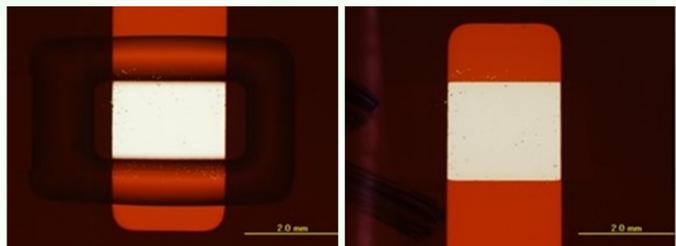
### 主な技術成果

- 「UV-IJ樹脂」インキをインクジェット形成した基板を用いて有機ELデバイスを作製
  - ・「UV-IJ樹脂」のエッジ部分も含め、良好な均一発光
  - ・「UV-IJ樹脂」のない有機ELデバイスと同等の特性、寿命
  - ・精細度:  $L/S=61/62\mu\text{m}$  (400dpi相当)

Insulator (by IJ)

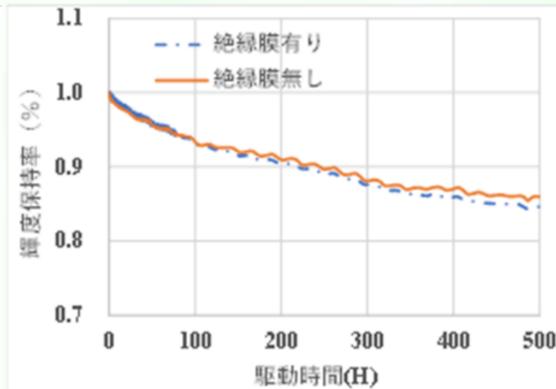
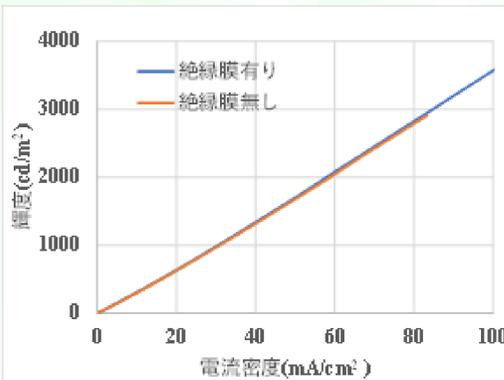


絶縁膜の導入による発光不良発生なし



絶縁膜あり

絶縁膜なし



基板サイズ: 50mm × 50mm



基板サイズ: 60mm × 100mm

### 共同研究

### トーヨーケム株式会社

### 関連プログラム

- 山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム(YU-FLEC) [2018/1~2023/3]
- 文部科学省: オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

### 主な研究発表

- M. Sugimoto, Y. Fukuchi, H. Tsuruta, M. Koden, H. Nakada, T. Yuki, A-COE 2021, PA-17 (2021). "OLEDs with on-demand patterns drawn by ink-jet printing"
- 杉本 美穂, 福地 良寿, 鶴田 洋明, 向殿 充浩, 仲田 仁, 結城 敏尚, 有機EL討論会第32回例会, S5-1 (2021). 「インクジェット印刷した絶縁膜による オンデマンドパターンOLEDの高精細化」
- 杉本 美穂, 福地 良寿, 鶴田 洋明, 向殿 充浩, 仲田 仁, 結城 敏尚, 有機EL討論会第31回例会, S7-3 (2020). 「インクジェット印刷した絶縁膜によるオンデマンドパターンOLED」

技術成果

# ALD (Atomic Layer Deposition) バリア膜 Barrier layer by ALD (Atomic Layer Deposition)

**ALD (Atomic Layer Deposition)** は被覆性良くバリア層を形成できる技術であり、フレキシブル有機エレクトロニクスデバイスへの適用が期待されています。ALDを用いて高いバリア性を有する**バリア技術**を開発しました。フレキシブル有機エレクトロニクスの研究開発に活用できます。

## 技術の特長

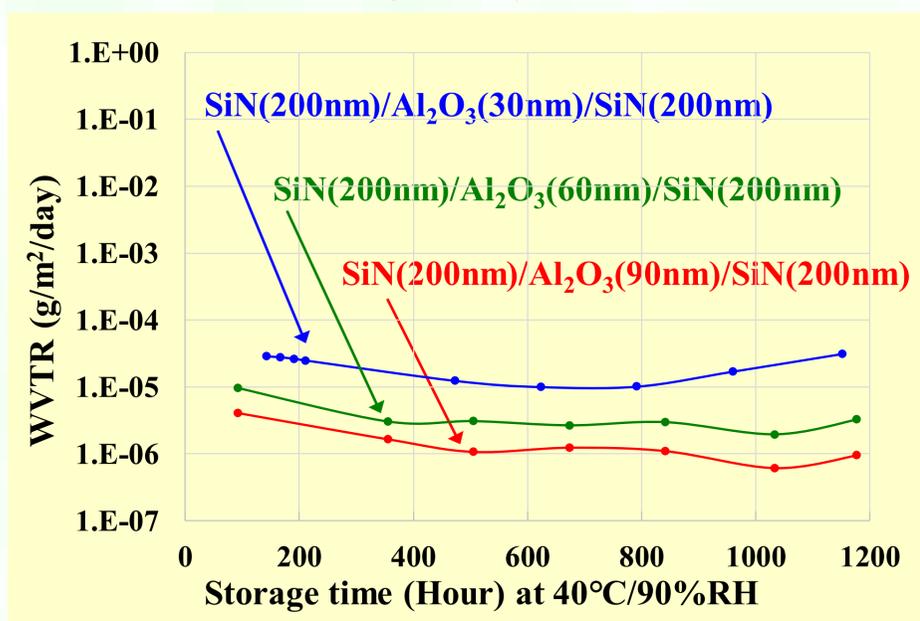
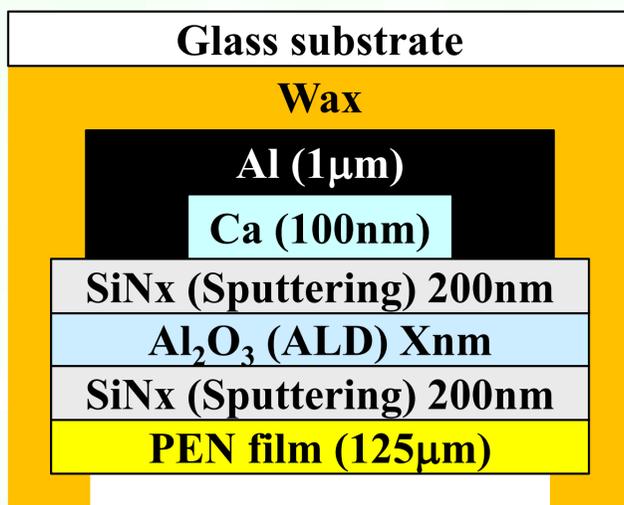
- ALD法による高い被覆性を有するバリア層形成
- SiNxバリア膜との積層による高いバリア性:  
**WVTR: 10<sup>-6</sup>/g/m<sup>2</sup>/day台**  
(WVTR: Water Vapor Transmission Rate)
- 装置: 株式会社菅製作所製ALD装置  
(基板サイズ: 10cm角)



ALD装置(株式会社菅製作所製)

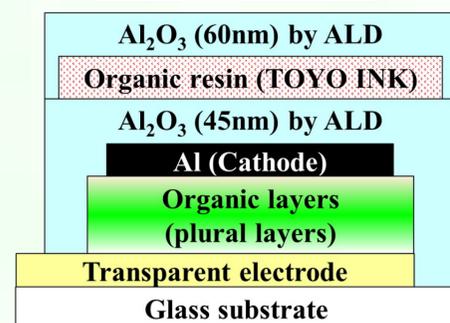
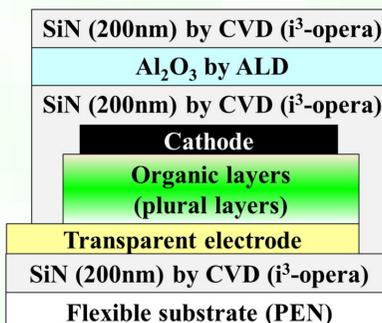
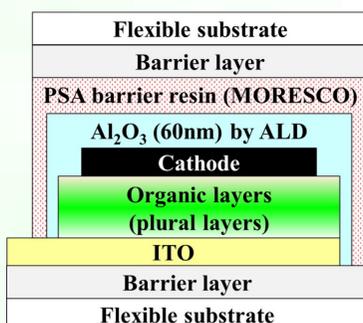
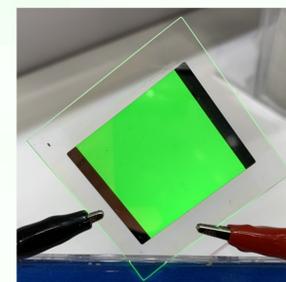
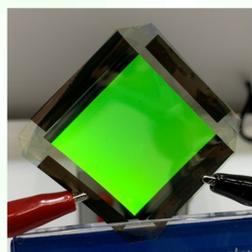
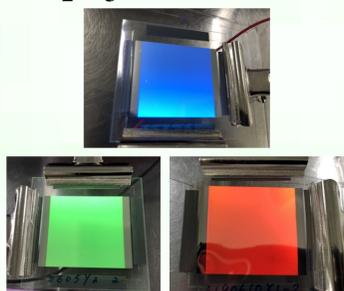
## 主な技術成果

- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜(ALD法)とSiNx膜(スパッタ法)との積層バリア膜: **10<sup>-6</sup>/g/m<sup>2</sup>/day台のWVTR**



Ca腐食法によるWVTR(Water Vapor Transmission Rate)測定

- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜(ALD法)を用いた有機EL試作品



## 関連プログラム

- 山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム(YU-FLEC) [2018/1~2023/3]
- 文部科学省: オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

技術成果

YU-FLEC

# フレキシブル有機EL用耐熱バリアフィルム

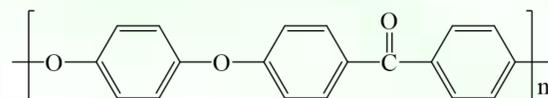
## High Temperature Tolerant Barrier Films for Flexible OLEDs

有機EL製造工程においては200°C以上の熱処理が望まれる工程があり、その観点からフレキシブル有機EL用耐熱バリアフィルムの開発が求められます。

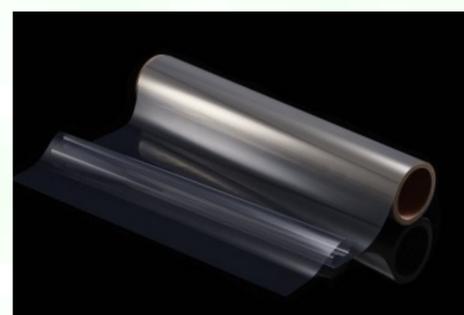
倉敷紡績株式会社が開発した200°C以上の耐熱性を有するフィルムEXPEEK®(エクスピーク)を用いたフレキシブル有機EL用バリアフィルムを開発しました。

### 技術の特長

- 倉敷紡績製耐熱フィルムEXPEEK
  - ・二軸同時延伸PEEK(ポリエーテルエーテルケトン)樹脂フィルム
  - ・ポリイミドと同等の耐熱性(Tg~320°C)
  - ・良好な耐薬品性
  - ・着色・濁りを抑えた良好な透明性
  - ・低熱収縮
  - ・良好な表面平滑性(凝集力が高く滑り性が良いため、易滑処理不要)
- 耐熱フィルムEXPEEK上にバリア層を形成し、フレキシブル有機ELデバイスに適用



PEEK基本骨格



EXPEEK

(倉敷紡績株式会社ホームページより)

### 主な技術成果

- 高いガスバリア性:  $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{g/m}^2/\text{day}$  台のWVTR

Ca腐食法によるWVTR(Water Vapor Transmission Rate)測定

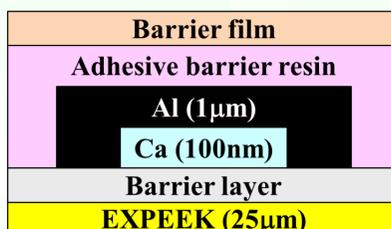
| Structure of barrier film  | Highest process Temperature | Typical WVTR       |
|--|-----------------------------|--------------------|
| EXPEEK/SiNx(100nm)   | <100°C                      | $2 \times 10^{-3}$ |
| EXPEEK/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (90nm)                         | 100°C                       | $2 \times 10^{-2}$ |
| EXPEEK/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (10nm)                         | 300°C                       | $2 \times 10^{-6}$ |
| EXPEEK/SiNx(100nm)/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (90nm)/SiNx(100nm) | 100°C                       | $2 \times 10^{-5}$ |
| EXPEEK/Resin/SiNx(100nm)   | 100°C                       | $4 \times 10^{-4}$ |
| EXPEEK/SiNx(100nm)/Resin/SiNx(100nm)                                 | 100°C                       | $3 \times 10^{-6}$ |

WVTR (Water Vapor Transmission Rate): Evaluated by Ca corrosion method under 40°C/90%RH

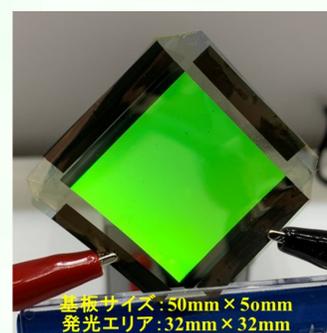
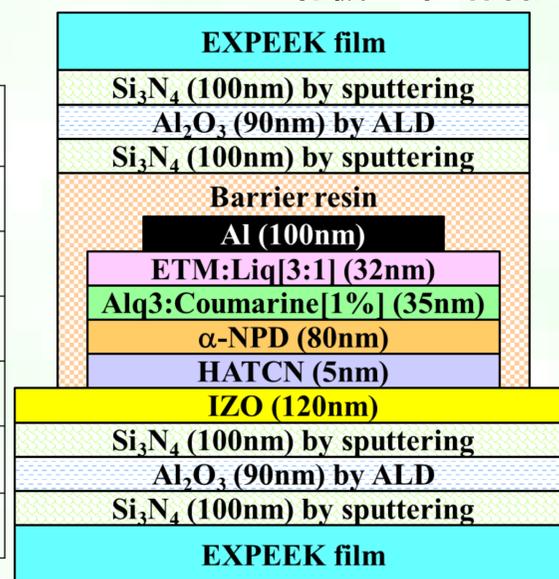
SiNx: Deposited by sputtering

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Deposited by ALD (Atomic Layer Deposition)

Resin: NSP811 (Toyo Ink) coated by ink-jet (thickness:10~15μm)



- フレキシブル有機EL試作品



「JFlex2020展」  
(2020.1 / 東京ビッグサイト)

### 共同研究

倉敷紡績株式会社

### 関連プログラム

- 山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム(YU-FLEC) [2018/1~2023/3]
- 文部科学省:オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

### 主な研究発表

- T. Yuki, T. Nishikawa, M. Sugimoto, H. Nakada, M. Koden, ITE Trans. on MTA Vol. 9, No. 4, pp. 216-221 (2021).  
“High Temperature Tolerant Barrier Films with Stacking Barrier Layers by Sputtering and ALD”
- T. Yuki, T. Nishikawa, M. Sugimoto, H. Nakada, M. Koden, IDW'20, FLX2-3 (2020).  
“High Temperature Tolerant Barrier Film with Stacking Barrier Layers by Sputtering and ALD”
- 山形大学; 「JFlex2020展」(2020.1 / 東京ビッグサイト), 「JFlex2019展」(2019.1 / 東京ビッグサイト).
- 倉敷紡績; 「第7回高機能プラスチック展」(2018.12 / 幕張メッセ), 「SEMICON Japan 2018」(2018.12 / 東京ビッグサイト).

EXPEEK®は倉敷紡績(株)の登録商標です。

技術成果

# 印刷型フレキシブル有機薄膜太陽電池 Printed Flexible Organic Photovoltaic (OPV) Devices

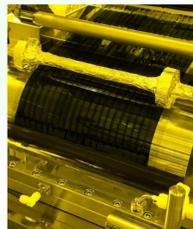
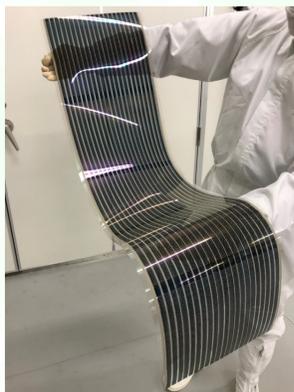
フレキシブル有機薄膜太陽電池(OPV: Organic Photovoltaic)のロールtoロール(R2R)プロセス技術を株式会社MORESCOと共同で開発し、実証試験を進めています。従来のシリコン系太陽電池と比較して製造コストが安価であり、製造から廃棄までの温暖化ガス生成を大幅に低減できるため、よりクリーンなエネルギーを生み出すことができます。

## フレキシブル有機薄膜太陽電池(OPV)の特長

- 半透明であるため窓に設置しても太陽光を遮ることがない。
- フィルムを用いているためフレキシブルで、薄く、軽く、割れない。
- 設置場所を選ばず、窓や壁などにも両面テープなどで簡単に設置できる。

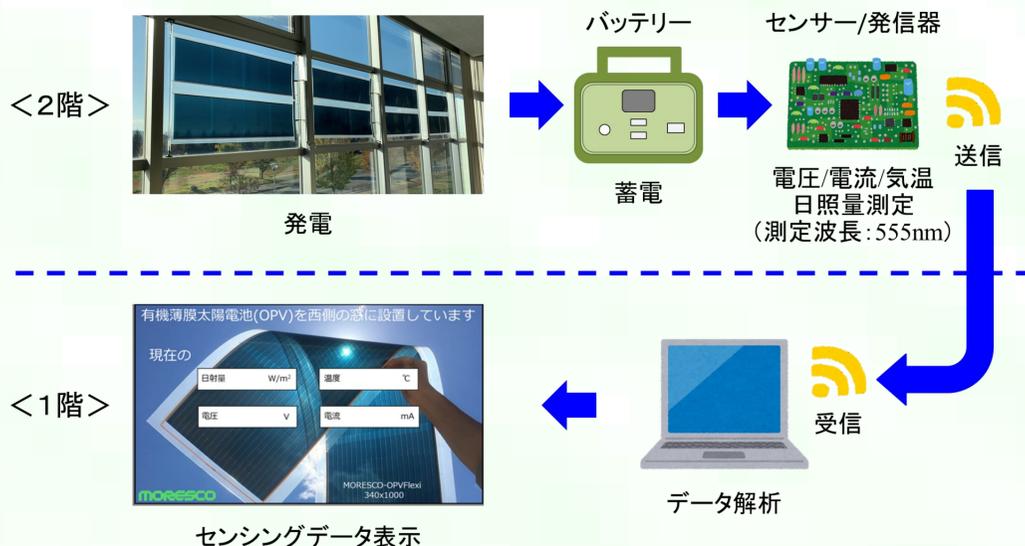
## 技術の特長

- ロールtoロール(R2R)印刷方式で作製
- 幅30cm、長さ1m以上の大面積
- 作製プロセス
  - 1) 透明電極(TCO)成膜
  - 2) パターニング
  - 3) 基板洗浄
  - 4) 電子輸送層(ETL):R2R印刷
  - 5) 発電層(Active layer):R2R印刷
  - 6) 正孔輸送層(HTL):R2R印刷
  - 7) 電極:R2R印刷
  - 8) 集電電極取付
  - 9) 封止



## 主な技術成果

- ロールtoロール(R2R)印刷方式により印刷型フレキシブル太陽電池(OPV)を作製
- 実証試験を開始  
2階の窓に設置した太陽電池モジュールで発電した電力を利用して、日照量や温度、発電量(電圧と電流)を計測し、その値を1階のディスプレイまで送信



## MORESCO社OPV設置・応用例

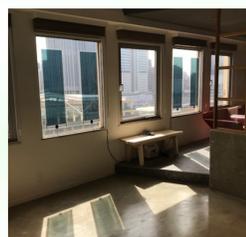
山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンター(INOEL)に設置



「南三陸SUN<sup>2</sup>有機ソーラー」  
(南三陸さんさん商店街)  
2018年3月設置



“OPTree” (神戸どうぶつ王国)  
2020年10月設置



JR東日本 TokyoYard Building  
(品川開発プロジェクト)  
2021年9月設置



“タペストリー”  
(OPVへの印刷による意匠付与、装飾への応用)

共同研究

## 株式会社MORESCO

関連プログラム

- JST: 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)～「山形大学・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展開」(JPMOP1614) [2016年度～2020年度]
- 文部科学省: オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度～2022年度]

主な研究発表

- 山形大学; 「JFlex2020展」(2020.1 / 東京ビッグサイト)
- 山形大学; 「国際太陽光発電展(PVEXPO)2021」(2021.3 / 東京ビッグサイト&オンライン)
- 山形大学; プレスリリース「印刷方式によるフレキシブル有機薄膜太陽電池の実証試験を開始」(2019.11.6).
- 株式会社MORESCO; プレスリリース「フレキシブル有機薄膜太陽電池の実証試験を開始」(2019.11.6).

技術成果

YU-FLEC

# 有機EL用PSA封止技術 PSA Encapsulating Technologies for OLEDs

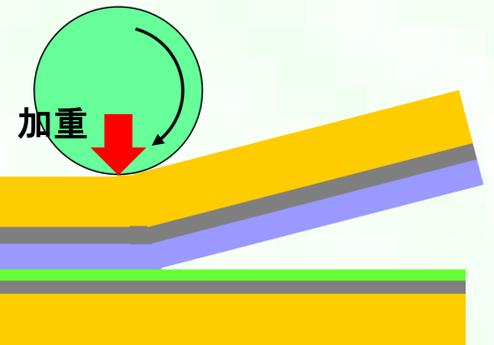
株式会社MORESCOが開発している**PSA (Pressure Sensitive Adhesive)**フィルムを用いたフレキシブル有機ELデバイス化の研究を該社と共同で推進しています。

## 技術の特長

<MORESCO社PSAフィルムの特長>

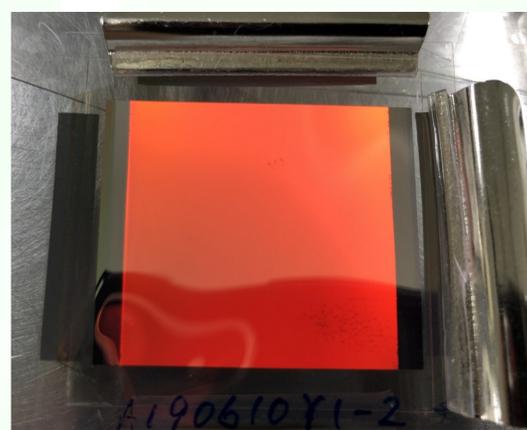
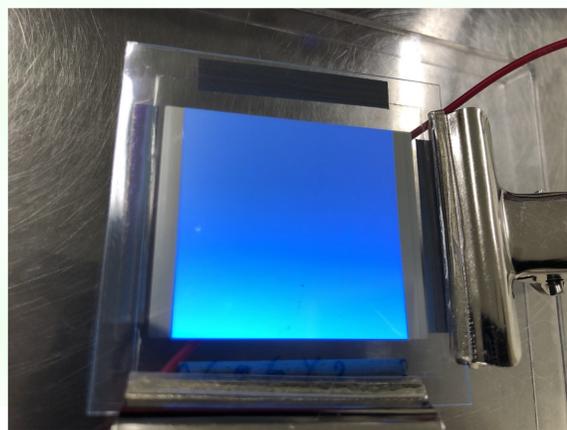
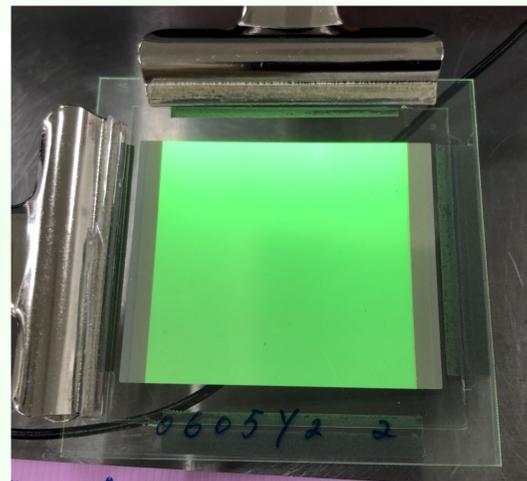
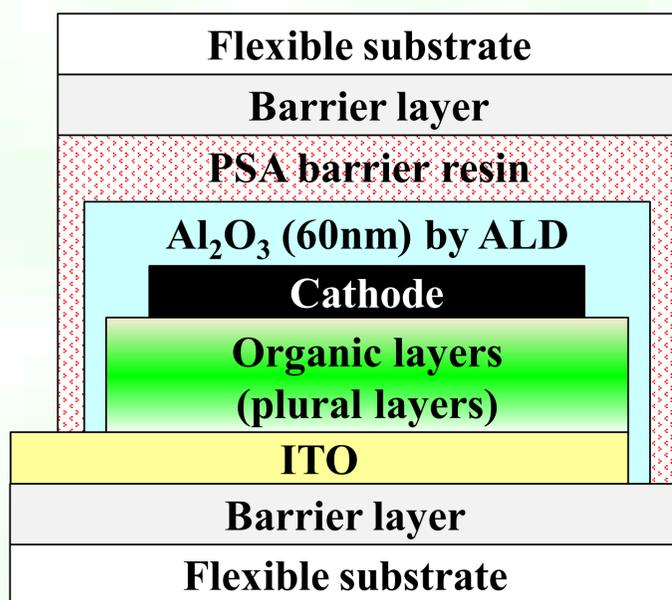
- ホットメルト型
- 簡便な封止工程
- 優れた柔軟性
- 優れた密着性(バリア層)
- 高水蒸気バリア性
- 溶剤フリー

フレキシブル基板  
バリア層  
PSA材料  
有機EL層  
バリア層  
フレキシブル基板



## 主な技術成果

- PSA封止を用いたフレキシブル有機EL試作品



共同研究

株式会社MORESCO

### 関連プログラム

- 山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム(YU-FLEC) [2018/1~2023/3]
- JST: 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)~新規研究領域・共創コンソーシアム「山形大学・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展開」(JPMOP1614) [2016年度~2020年度]
- 文部科学省: オープンイノベーション機構の整備事業「山形大学/オープンイノベーション機構」[2018年度~2022年度]

### 主な研究発表

- 山形大学; 「JFlex2020展」(2020.1 / 東京ビッグサイト).

技術成果

# スプレー塗布技術 Spray Coating

有機エレクトロニクスデバイスにおける有機材料塗布技術として**スプレー塗布**技術を開発しました。  
有機ELデバイスに適用し、良好な均一発光、良好な特性が得られました。



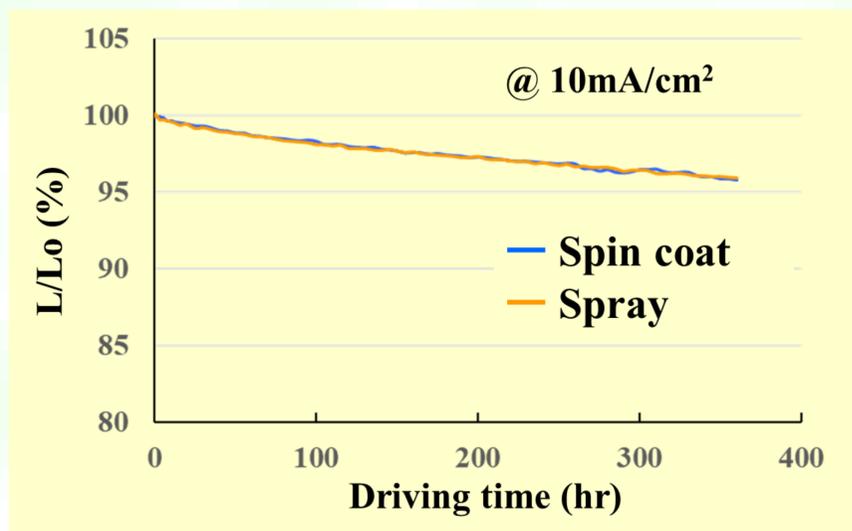
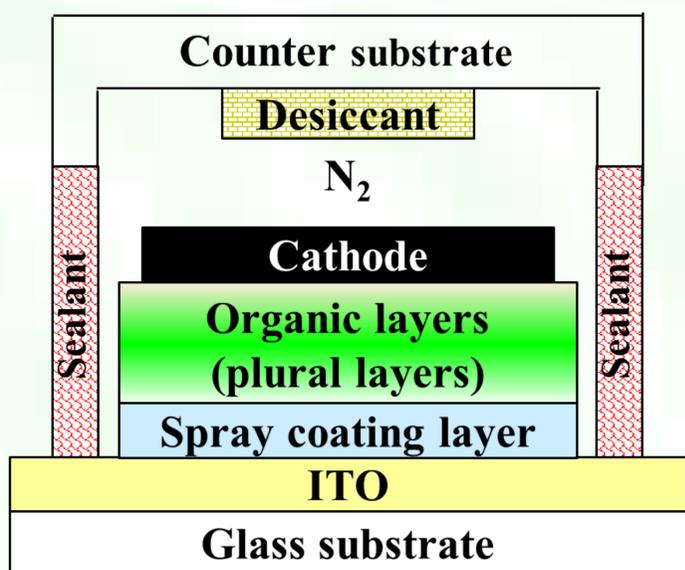
スプレー塗布装置

## 技術の特長

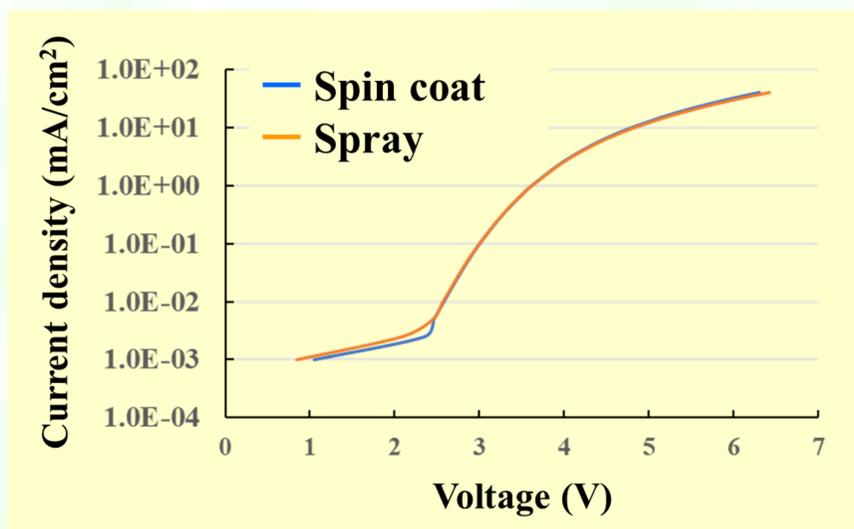
- スプレー塗布によって有機材料を**均一塗布**。  
・簡便に**大面積基板に塗布可能**

## 主な技術成果

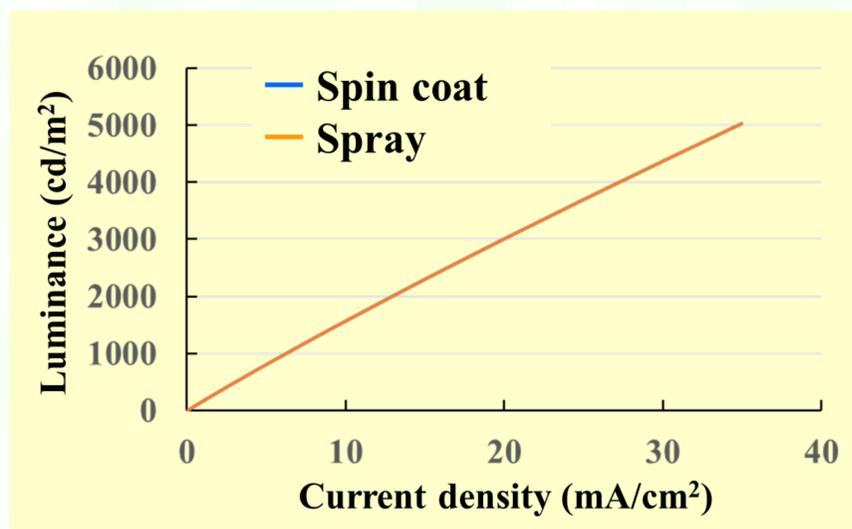
- 有機ELデバイスに適用し、**良好な均一発光、良好な特性**が得られた



輝度寿命試験評価



I-V特性



L-I特性



スプレー塗布を用いた有機ELデバイス試作品

技術成果

# 光学シミュレーション技術 Optical simulation

有機ELデバイスのデバイス設計効率化のため、**有機ELデバイス光学シミュレーション技術**を開発しています。実用的な有機ELデバイスの開発に活用できます。

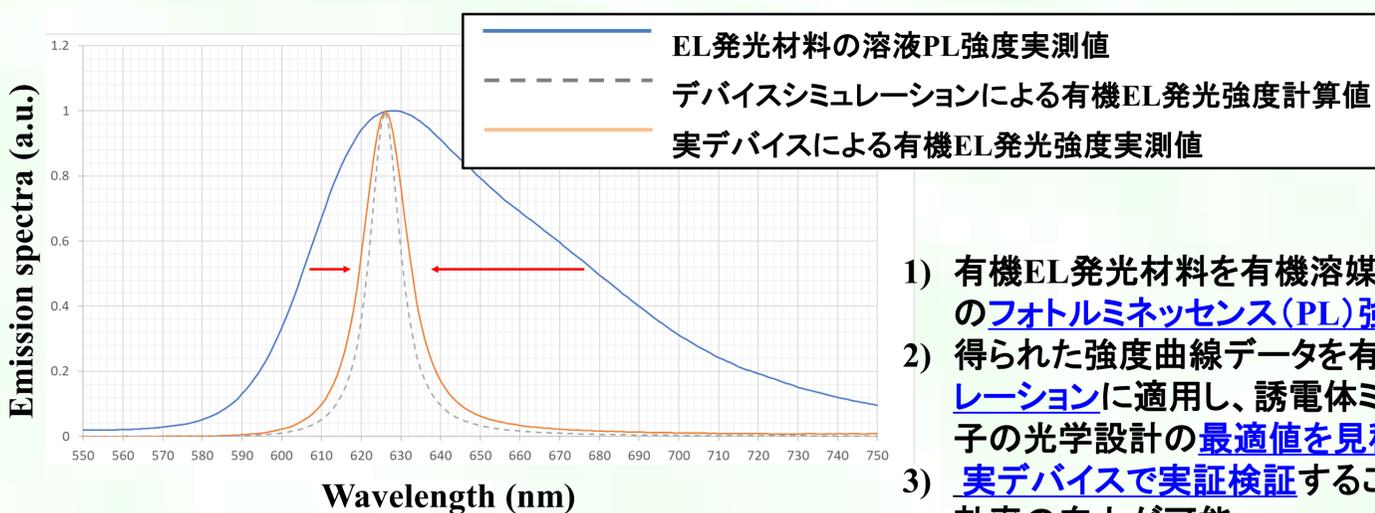
## 技術の特長

- 手法: 有機ELデバイス光学シミュレーションの活用、豊富な経験を生かした実デバイスとの比較検証により、研究開発の精度・効率が向上。
- 使用ソフト: サイバーネットシステム株式会社 Fluxim Setfos 等

## 主な技術成果

- 「**ミラー1層+マイクロキャビティ基板(微反射Ag陽極付き)**」の光学シミュレーション
  - ・「誘電体ミラー1層(高屈折率膜)+マイクロキャビティ(微反射Ag陽極)」基板を用いた光放射エネルギー最適化シミュレーション
  - ・高屈折率膜: Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を使用
  - ・パラメータ: SiO<sub>2</sub>膜及びHTL膜厚を変化させたときの光放射エネルギー最大値を使用

|                                       |
|---------------------------------------|
| Substrate (∞)                         |
| Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (68nm) |
| SiO <sub>2</sub> (105nm)              |
| IZO_1 (15nm)                          |
| Ag (22nm)                             |
| IZO_2 (15nm)                          |
| HTL (39nm)                            |
| EML_R (42nm)                          |
| ETL (40nm)                            |
| Al (100nm)                            |

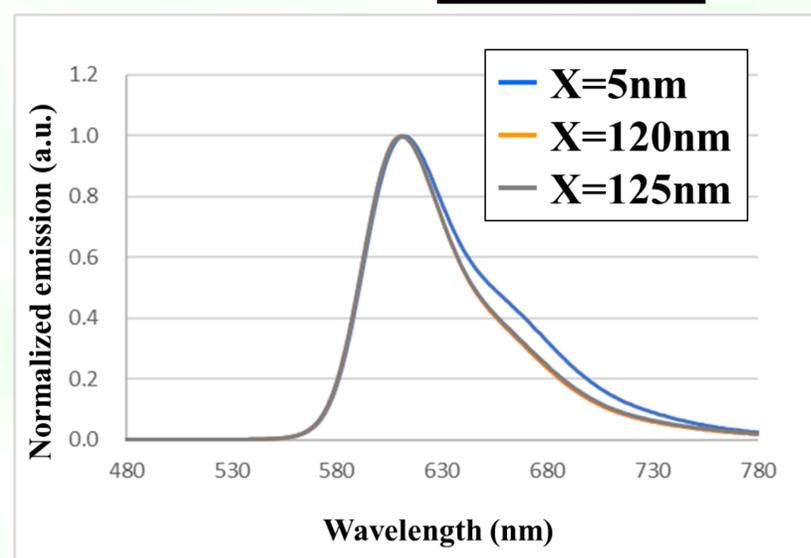
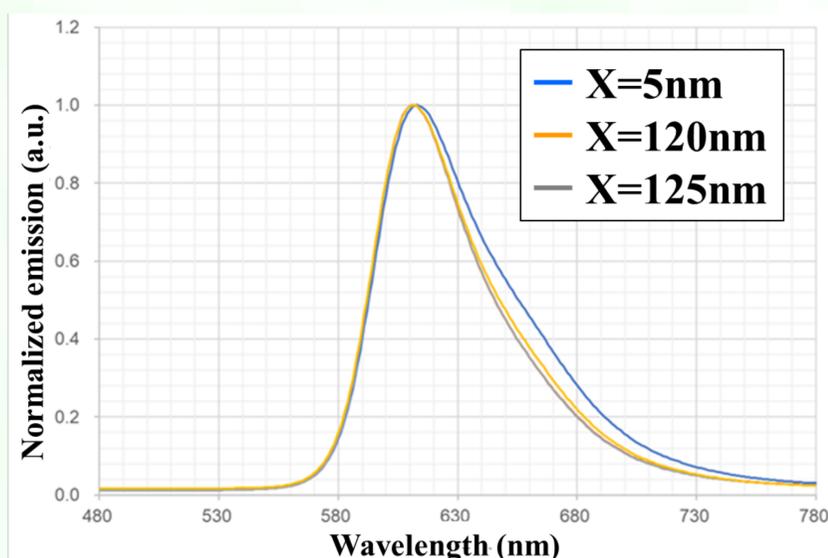


「誘電体ミラー1層(Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)+マイクロキャビティ(微反射Ag陽極)」基板の光学シミュレーションと実デバイスの実測値比較(例)

- 1) 有機EL発光材料を有機溶媒に低濃度に希釈した溶液の**フォトルミネッセンス(PL)強度を実測**。
- 2) 得られた強度曲線データを有機EL用**デバイスシミュレーション**に適用し、誘電体ミラー基板及び有機EL素子の光学設計の**最適値を見積もる**。
- 3) **実デバイスで実証検証**することで、研究開発の精度・効率の向上が可能。

- **有機EL発光スペクトルの有機層膜厚依存性シミュレーション**
  - ・有機EL層におけるホール注入層(HIL)膜厚(Xnm)を変えたときの発光スペクトル変化をシミュレーション
  - ・実測値との比較より、良い一致が得られた。

|               |
|---------------|
| Substrate (∞) |
| ITO (150nm)   |
| HIL (Xnm)     |
| HTL (65nm)    |
| EML_R (46nm)  |
| ETL (46nm)    |
| Al (100nm)    |



有機ELデバイスシミュレーション

有機ELデバイスでの実測値

技術成果

# 解析技術(欠陥解析・不良解析・構造解析など) Analysis of defects, failures, structures, etc.

さまざまな解析技術を用いて、実用的なデバイス技術開発に貢献します。  
作製されたデバイスの欠陥部分の解析、不良の原因究明、デバイス構造解析などを行います。

## 使用装置・技術

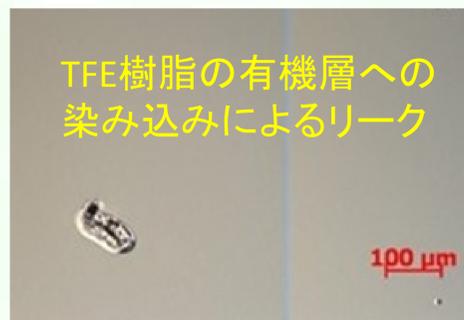
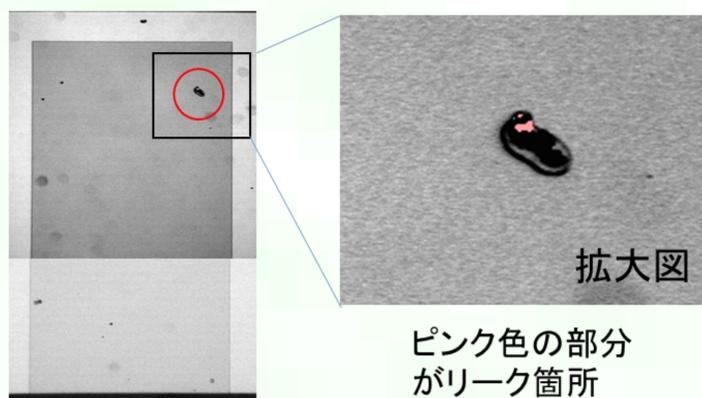
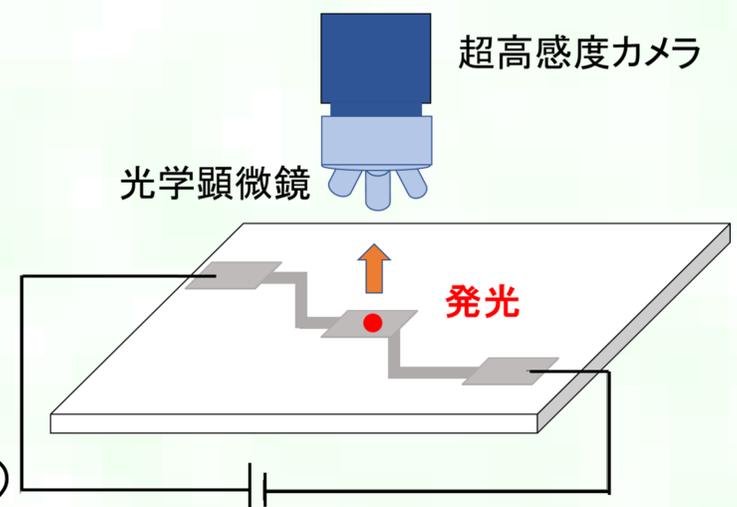
- 光学顕微鏡
- デジタルマイクロスコープ
- AFM(Atomic Force Microscope)
- 膜厚測定装置(段差測定器)
- エミッション顕微鏡
- イオン化ポテンシャル測定装置など

## 解析事例1

- **エミッション顕微鏡による欠陥部位の特定**
  - ・欠陥部位を特定
  - ・光学顕微鏡やFE-SEMでの観察と併せ検討し、不具合要因を解明

### 【測定原理】

- ・光学顕微鏡と超高感度カメラで構成(右図)
- ・電圧印加したデバイス内部でのホットキャリアなどにより、発生する発光現象を超高感度カメラを用いて検出(発光像)
- ・発光像と反射光学像を重ね合わせることで、発光位置を特定

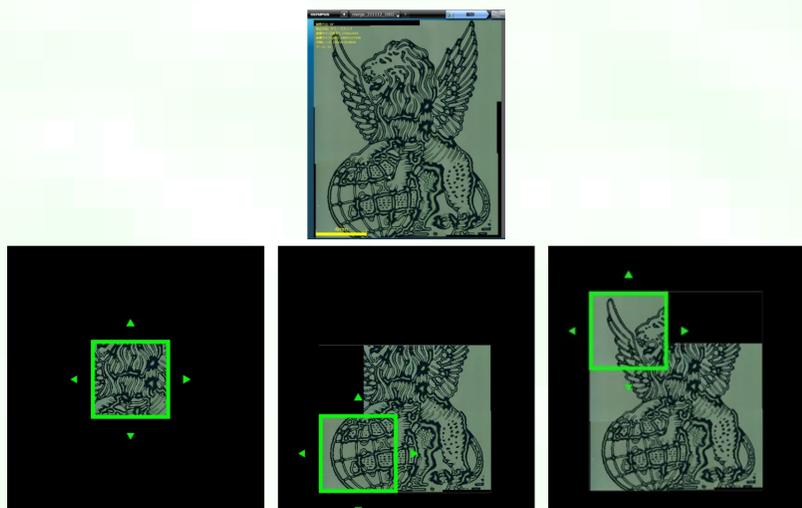


a) エミッション顕微鏡観察による欠陥部位の特定

b) コンフォーカル顕微鏡観察におけるリーク部観察

## 解析事例2

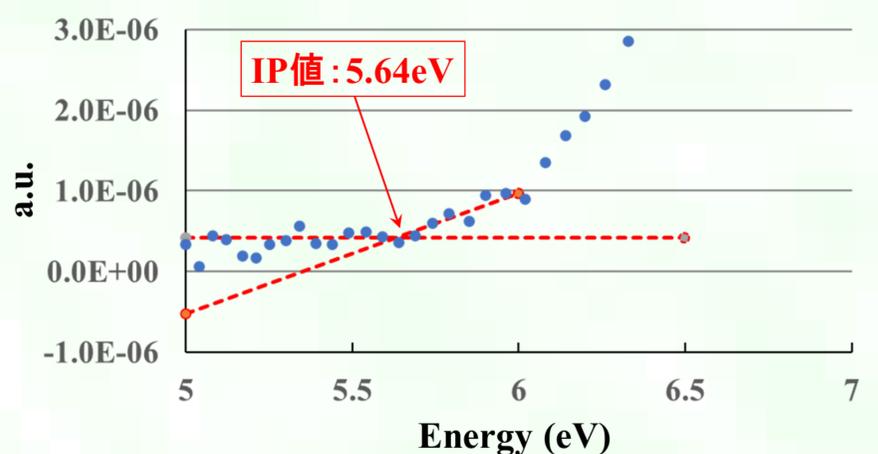
- **デジタルマイクロスコープによる観察**
  - ・ミクロンレベルの画像をミリオーダーで繋ぎ合せ
  - ・42~5600倍の倍率で観察
  - ・多彩な観察方法 (BF、偏射、DF、BF+DF、偏光、微分干渉)



インクジェット塗布した絶縁膜の広範囲観察例

## 解析事例3

- **イオン化ポテンシャル(IP)測定**
  - ・光電子収量分光法(PYS: Photoelectron Yield Spectroscopy)を用いて測定
  - ・新材料も含め、さまざまな材料のイオン化ポテンシャルを測定可能



新材料のイオン化ポテンシャル測定例

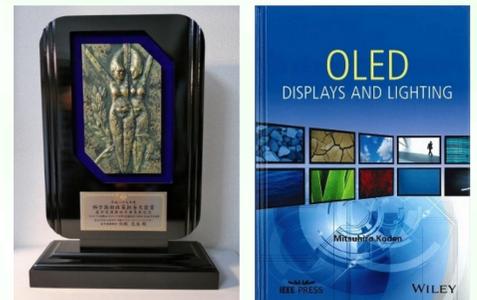
# 成果発表 Topics / Publications

## ■ 主な表彰 Award

- 仲田仁, 向殿充浩, 内閣府「第15回産学官連携功労者表彰」—「科学技術政策担当大臣賞」(2017).

## ■ 主な著書・刊行物 Book

- M. Kodon, “OLED Displays and Lighting” (Wiley, IEEE Press) (2017).
- M. Kodon, T. Furukawa, T. Yuki, H. Nakada, Springer Link “Handbook of Organic Light-Emitting Diodes” (2020). “Transparent Electrodes”



## ■ 主な論文 Paper

- T. Yuki, T. Nishikawa, M. Sugimoto, H. Nakada, M. Kodon, ITE Trans. on MTA Vol. 9, No. 4, pp. 216-221 (2021). “High Temperature Tolerant Barrier Films with Stacking Barrier Layers by Sputtering and ALD”
- T. Furukawa, M. Kodon, IEICE Trans. Electron, E100-C, 949-954 (2017). “Novel roll-to-roll deposition and patterning of ITO on ultra-thin glass for flexible OLEDs”

## ■ 主な国際会議発表 International Conference

- T. Furukawa, J. Hauptmann, T. Nakagaki, R. Ikeuchi, M. Sagawa, D. Nagata, J. Nakatsuka, IDW'21, FLX5/FMC6-1 (2021). “Roll-to-Roll Fabrication for OLED Lighting Using Ultra-Thin Glass Substrate and Encapsulating Stainless Steel Foil”
- M. Natsuka, Y. Ono, H. Mataka, S. Usui, H. Suzuki, M. Abe, T. Furukawa, IDW'21, FLX5/FMC6-2 (2021). “Protection of OLED Lighting with Ultra-Thin Glass by Special Silicone Gel”
- Y. Kawamura, T. Takahashi, T. Furukawa, ICFPE 2Rm401-08-02 (2021). “Improvement of printed electrodes disconnection after 3D thermoforming by optimizing print process on PC film”
- M. Sugimoto, Y. Fukuchi, H. Tsuruta, M. Kodon, H. Nakada, T. Yuki, A-COE 2021, PA-17 (2021). “OLEDs with on-demand patterns drawn by ink-jet printing”
- M. Kodon, M. Sugimoto, N. Kawamura, T. Yuki, H. Nakada, AM-FPD21, 3-1 (2021). [招待講演] “Novel Flexible Films with High Gas Barrier Layers by Sputtering and ALD”
- T. Yuki, T. Nishikawa, M. Sugimoto, H. Nakada, M. Kodon, IDW'20, FLX2-3 (2020). “High Temperature Tolerant Barrier Film with Stacking Barrier Layers by Sputtering and ALD”
- Y. Kawamura, T. Takahashi, K. Wakabayashi, H. Hirose, Y. Azakami, H. Itoh, T. Furukawa, IDW'20, FLX3-04L (2020). “Effect of Pressure Forming Conditions on PC Sheet integrating Electric Wiring for 3D Electronics Technology”
- T. Nakagaki, T. Kawabata, H. Takimoto, T. Furukawa, IDW'19, FLXp1-9L (2019). “Scribing Tool and Cutting Method for Ultra-thin Glass”
- K. Taira, T. Suzuki, W. Konno, H. Chiba, H. Itoh, M. Kodon, T. Takahashi, T. Furukawa, IDW'18, FLX2-4L (2018). “Development of High Gas Barrier Film Using Novel Precursor by Roll to Roll PECVD”
- T. Furukawa, N. Kawamura, T. Noda, Y. Hasegawa, D. Kobayashi, M. Kodon, IDW'17, FLX6-2 (2017). “Novel Roll-to-Roll Fabrication Processes of Transparent Electrodes on Ultra-Thin Glass”

## ■ 主な展示会 Exhibition

- 「CEATEC 2021」(2021年10月, オンライン).
- 「JFlex展」(2019年1月, 2020年1月, 2020年12月, 東京ビッグサイト).
- 「プリンタブルエレクトロニクス展」(2014, 2015, 2015, 2016, 2017, 2018, 東京).
- 「LOPEC」展示会 (2018, 2019, ミュンヘン/ドイツ).
- 「Flex Japan 2019」展示会 (2019年5月, 東京).
- 「LED & OLED EXPO 2017」(2017年6月, ソウル/韓国).
- 「G7茨城・つくば科学技術大臣会合特別展」(2016年5月, つくば).
- 「International Photonics Exhibition 2015 (2015国際光産業展示会)」(2015年10月, 光州/韓国).



プリンタブルエレクトロニクス大賞(2017)



JFlex Award (2019, 2020)



「International Photonics Exhibition 2015」(2015年10月, 光州/韓国)



「JFlex2020展」(2020年1月, 東京ビッグサイト)



「LOPEC」(2019年3月, ドイツ)



「Flex Japan 2019展」(2019年5月, 東京)

# 主要メンバー Main Members



**産学連携教授 仲田 仁**  
有機エレクトロニクス部門長  
Hitoshi Nakada  
連絡先: nakada@yz.yamagata-u.ac.jp  
(専門) 有機エレクトロニクス

- (経歴)
- 1981年 東北大学工学部応用化学科卒業
  - 1981~2013年 パイオニア株式会社、東北パイオニア株式会社
  - 1988年~ 有機ELディスプレイ・照明の研究開発、事業に従事
  - 2013年~ 山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンター  
センター長代理、有機エレクトロニクス部門長(現職)
- (主な表彰)
- ・内閣府第15回産学官連携功労者表彰「科学技術政策担当大臣賞」(2017).
  - ・一般財団法人光産業技術振興協会 第19回(2003年度)櫻井健二郎氏記念賞
  - ・公益財団法人大河内記念会 第47回(2000年度)大河内賞生産賞(団体受賞)
- (主な成果)
- ・世界初の有機EL商品化「パッシブ型有機ELディスプレイ」(1997).
  - ・世界初のりん光型有機ELデバイス商品化(2003).
  - ・パッシブ駆動フルカラーフレキシブル有機ELディスプレイの開発(2003).
- (主な著書)
- ・「先端 有機半導体デバイス—基礎からデバイス物性まで—」, 日本学術振興会  
情報科学用有機材料第142委員会C部会編, オーム社(2015).(共著)
  - ・「有機EL照明」, 日刊工業新聞(2015).(共著)



**産学連携教授 向殿 充浩** 工学博士  
Dr. Mitsuhiro Koden  
連絡先: koden@yz.yamagata-u.ac.jp  
(専門) 液晶、ディスプレイ、有機EL、化学

- (経歴)
- 1983年 大阪大学大学院工学研究科博士課程修了(工学博士)
  - 1983~2012年 シャープ株式会社(液晶、有機EL等)
  - 1998~2011年 奈良先端科学技術大学院大学客員教授
  - 2012年~ 山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンター(現職)
- (主な表彰)
- ・内閣府第15回産学官連携功労者表彰「科学技術政策担当大臣賞」(2017).
  - ・日本液晶学会, 著作賞(2005).
- (主な成果)
- ・17型動画フルカラー強誘電性液晶ディスプレイの開発(1999).
  - ・インクジェット法による高分子型フルカラー有機ELディスプレイの開発(2006).
- (主な著書)
- ・M. Koden, “OLED Displays and Lighting” (Wiley; IEEE Press) (2017).
  - ・K. Takatoh, M. Hasegawa, M. Koden, N. Itoh, R. Hasegawa, M. Sakamoto,  
“Alignment Technologies and Applications of Liquid Crystal Devices”  
Taylor & Francis (2005).
  - ・仲森智博, 佐野健二, 向殿充浩, 篠田博, 筒井哲夫, 「夢! 化学-21」, 『テレビが  
変わる—化学の役割』(日本化学会監修; 丸善) (1999).



**准教授 古川 忠宏**  
Tadahiro Furukawa  
連絡先: ta-furukawa@yz.yamagata-u.ac.jp  
(専門) 微細パターン加工、印刷、  
ロールtoロール

- (経歴)
- 1984年 埼玉大学院工業技術研究科修士課程修了
  - 1984~2011年 共同印刷株式会社  
カラーフィルター(CF)の開発・生産  
フレキシブルCF、およびLCDの開発
  - 2011年~ 山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンター(現職)
- (主な論文)
- ・T. Furukawa, M. Koden, IEICE Trans. Electron, **E100-C**, 949-954 (2017).
- (主な国際会議発表)
- ・T. Furukawa et al., IDW'21, FLX5/FMC6-1 (2021).
  - ・T. Furukawa, M. Koden, ICDDT2019, 55.2 (2019). [中国/招待講演]
  - ・T. Furukawa, WCAM2018 (2018). [中国/招待講演]
  - ・T. Furukawa et al., IDW'17, FLX6-2 (2017).
  - ・T. Furukawa, LED & OLED EXPO 2017 (2017). [韓国]
  - ・T. Furukawa et al., LOPEC (2017). [ドイツ]
  - ・T. Furukawa et al., IDW/AD'16, FLX3-3 (2016).
  - ・T. Furukawa, IWFPE2016 (2016). [韓国/招待講演]
  - ・T. Furukawa, S. Tokito, SID 2015, 4.4 (2015).



**准教授 結城 敏尚** 工学博士  
Dr. Toshinao Yuki  
連絡先: t-yuki@yz.yamagata-u.ac.jp  
(専門) 有機EL(ディスプレイ、照明、デバイス)  
高分子材料工学

- (経歴)
- 1993年 山形大学大学院 工学研究科 高分子材料工学 修士課程修了
  - 1993~1996年 帝人株式会社
  - 1996~1999年 山形大学大学院 工学研究科 博士課程修了(工学博士)
  - 1999~2015年 東北パイオニア株式会社  
(OLED事業部技術開発センター所属 / PMOLED、AMOLED、  
タイリングデバイス、有機EL照明等の開発)
  - 2015年4月~ 山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンター(現職)
- (主な表彰)
- ・有機EL討論会第4回業績賞受賞「大型有機EL表示システムの開発と実用化」  
(2011). (団体受賞)
- (主な成果)
- ・世界初のりん光型有機ELデバイス商品化(2003).
  - ・世界初、世界最大のタイリング型大型有機ELディスプレイの製品化(2010).
  - ・世界初の調色型有機EL照明パネルの製品化(2013).
- (主な研究発表)
- ・T. Yuki, T. Nishikawa, M. Sugimoto, H. Nakada, M. Koden, ITE Trans. on MTA Vol.  
9, No. 4, pp. 216-221 (2021).



**プロジェクト研究員  
杉本 美穂**  
Miho Sugimoto  
m-sugimoto@yz.yamagata-u.ac.jp

- (経歴)
- 1999年 慶應義塾大学大学院理工学研究科  
修士課程修了
  - 1999年~2004年 (株)村田製作所
  - 2005年~2019年 東北パイオニア(株)
  - 2019年~ 山形大学(現職)
- (専門)
- フィルム有機EL、封止技術、電極技術、装置技術、他
- (主な研究発表)
- ・M. Sugimoto et al., A-COE 2021, PA-17 (2021).



**プロジェクト研究員  
川村 憲史**  
Norifumi Kawamura  
n-kawamura@yz.yamagata-u.ac.jp

- (経歴)
- 2001年 山形大学大学院 理工学研究科修了
  - 2001年~2007年 株式会社アイメス
  - 2007年~2013年 ローム(株), Lumiotec(株)
  - 2013年~ 山形大学(現職)
- (専門)
- 有機EL(デバイス、プロセス、評価)
- (主な研究発表)
- ・M. Koden, M. Sugimoto, N. Kawamura, T. Yuki, H.  
Nakada, AM-FPD21, 3-1 (2021).



**プロジェクト研究員  
安部 雅則**  
Masanori Abe  
m-abe@yz.yamagata-u.ac.jp

- (経歴)
- 1990年~2013年 東北パイオニア(株)
  - 2013年~ 山形大学(現職)
- (専門)
- 印刷技術(スクリーン印刷など)、ロールtoロール  
(R2R)技術、有機EL、封止技術、装置技術、他
- (主な研究発表)
- ・M. Natsuka, Y. Ono, H. Mataka, S. Usui, H. Suzuki,  
M. Abe, T. Furukawa, IDW'21, FLX5/FMC6-2  
(2021).

発行 2022年1月(「nano tech 2022」展にて配布)  
発行元 山形大学 有機エレクトロニクスイノベーションセンター  
フレキシブル基盤技術研究グループ  
(仲田/古川/結城/向殿 研究グループ)  
所在地 〒992-0119 山形県米沢市アルカディア1丁目808-48  
連絡先 TEL: 0238-29-0575 FAX: 0238-29-0569  
E-mail: nakada@yz.yamagata-u.ac.jp  
E-mail: koden@yz.yamagata-u.ac.jp  
URL: http://inoel.yz.yamagata-u.ac.jp/F-consortium/home.html

