

CEATEC 2021 (2021年10月)

フレキシブル有機エレクトロニクスデバイス (有機EL, 有機薄膜太陽電池)

当研究グループでは、**フレキシブル**有機エレクトロニクスデバイス(**有機EL**、**有機太陽電池**)を作製・評価するためのさまざまな技術及び装置を保有しています。

各企業で保有する技術をフレキシブル有機エレクトロニクスデバイスに適用し、適確に評価することにより、各企業における技術開発にフィードバックします。さらなる開発に必要な技術指導なども行います。

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)

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)

<http://inoel.yz.yamagata-u.ac.jp/F-consortium/home.html>

(連絡先) 仲田 仁(産学連携教授) nakada@yz.yamagata-u.ac.jp
向殿 充浩(産学連携教授) koden@yz.yamagata-u.ac.jp

保有技術・装置

当研究グループが保有するフレキシブル有機エレクトロニクスデバイス技術及び装置について紹介します。

有機EL(OLED)作製技術

材料系

さまざまなタイプの有機EL材料を用いることができます。

- ・低分子系有機EL材料
- ・高分子系有機EL材料
- ・蛍光材料、燐光材料、TADF材料
- ・量子ドット(QD)材料

デバイス構成

さまざまなタイプの有機ELデバイス構成が可能です。

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

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。



有機材料蒸着



インクジェット



スピコート



スプレー



洗浄
(ブラシ&二流体)



プラス
マクリーナー

有機薄膜太陽電池(OPV)作製技術

材料系

さまざまなタイプの材料を用いることができます。

- ・蒸着型材料
- ・塗布型材料
- ・量子ドット(QD)材料

デバイス構成

2つのタイプの有機薄膜太陽電池デバイス構成が可能です。

- ・順構造
- ・逆構造

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。



有機材料蒸着



インクジェット



スピンコート



スプレー



洗浄
(ブラシ&二流体)



プラス
マクリーナー

バリア層形成, 封止/ラミネート

バリア層形成

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, スパッタ, ALD)
- ・無機/有機交互積層バリア膜
(無機バリア膜+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)



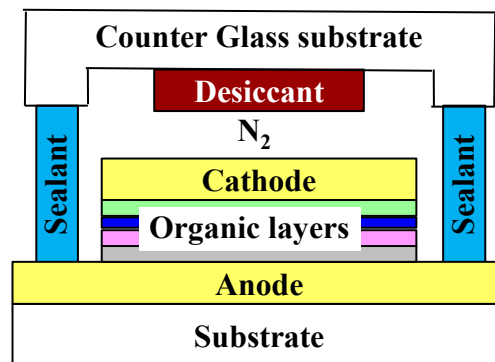
スパッタ装置



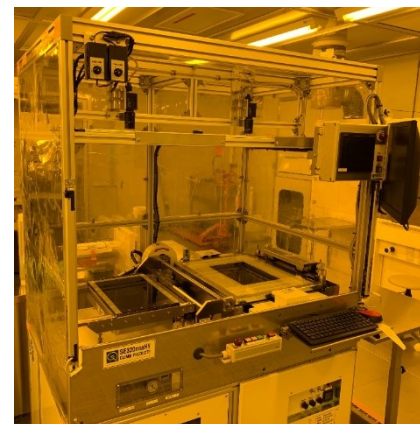
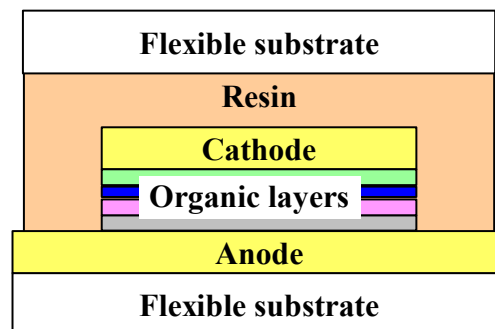
インクジェット装置

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

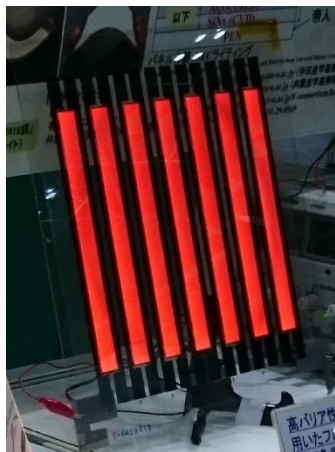


ロール式貼り合せ装置

有機EL(OLED), 有機薄膜太陽電池(OPV)試作

大面積有機EL

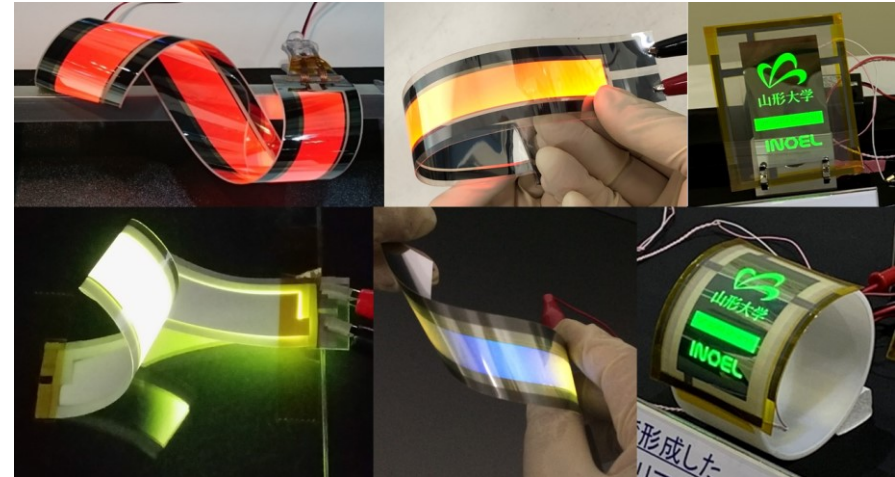
30cm角基板を用いた有機ELデバイスの試作が可能です。



30cm角ガラス基板を用いた有機EL

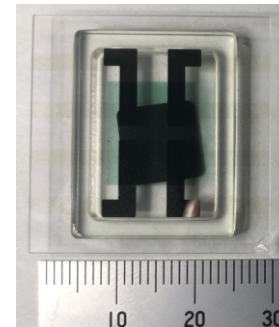
フレキシブル有機EL

フレキシブル有機ELデバイスの試作が可能です。



有機薄膜太陽電池

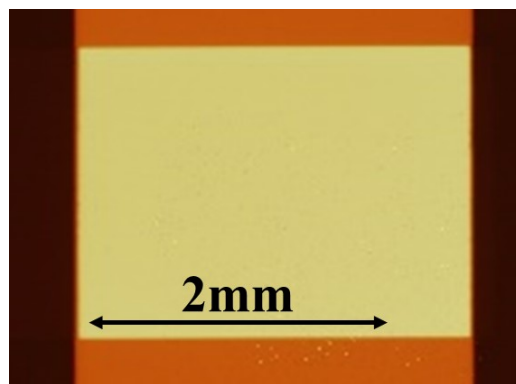
有機薄膜太陽電池デバイスの試作が可能です。



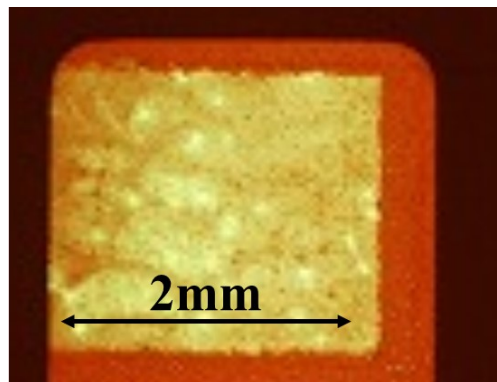
有機EL(OLED)デバイス評価(発光状態/デバイス特性)

発光状態

有機ELデバイスの発光状態を観察し、発光均一性、欠陥などについて評価します。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実証、課題確認などを行います。



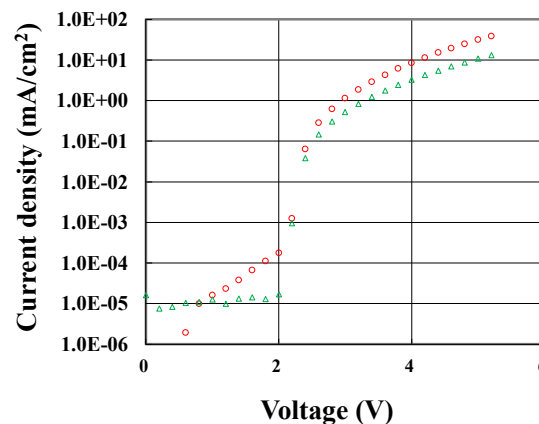
均一発光の例



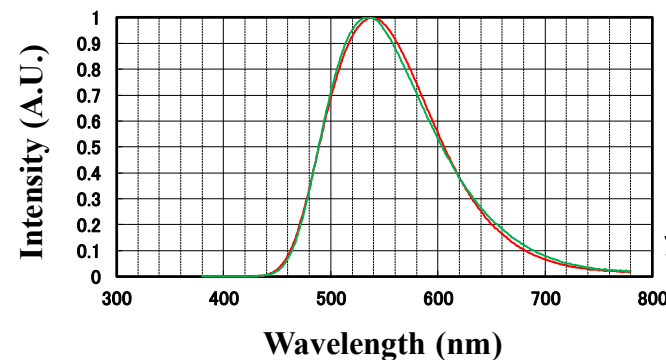
発光に課題のある例

デバイス特性

有機ELデバイスの電圧-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。



I-V特性



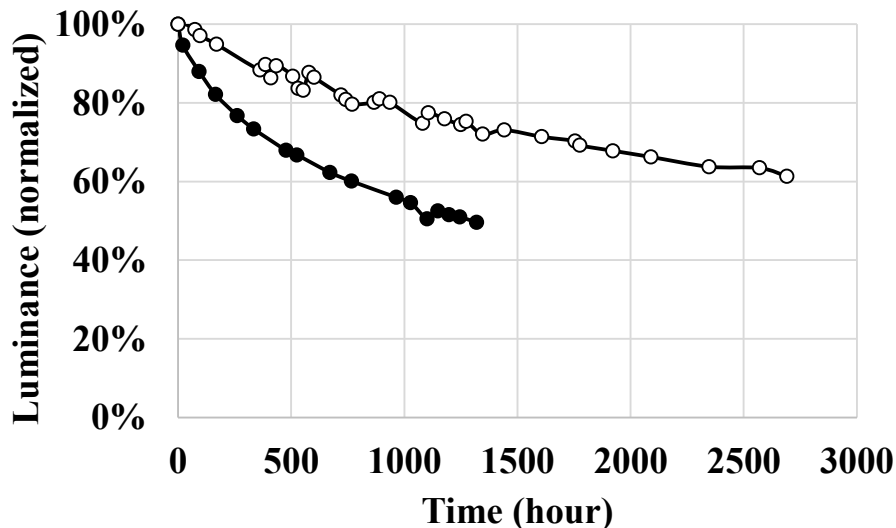
発光スペクトル

有機EL(OLED)デバイス評価(寿命評価)

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

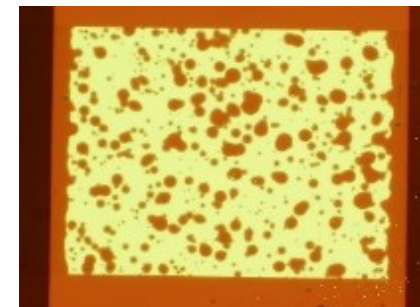
保存寿命

有機ELデバイスは水分に弱いため、高温高湿条件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)

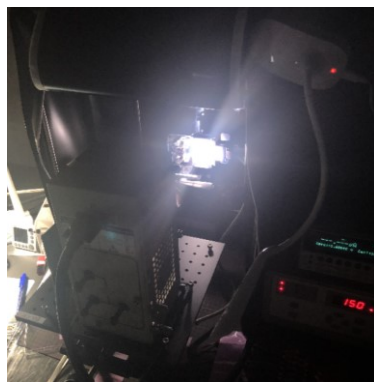
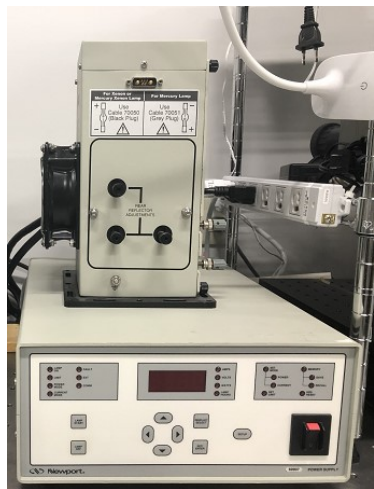


高温高湿保存後の
発光状態
(ダークスポット発生)

有機薄膜太陽電池(OPV)デバイス評価

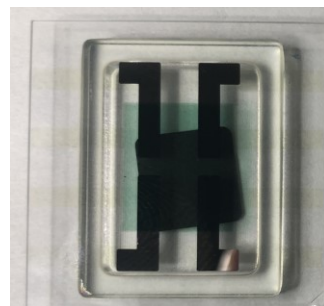
測定計/光源

ソーラーシミュレーター
Newport MODEL 66902



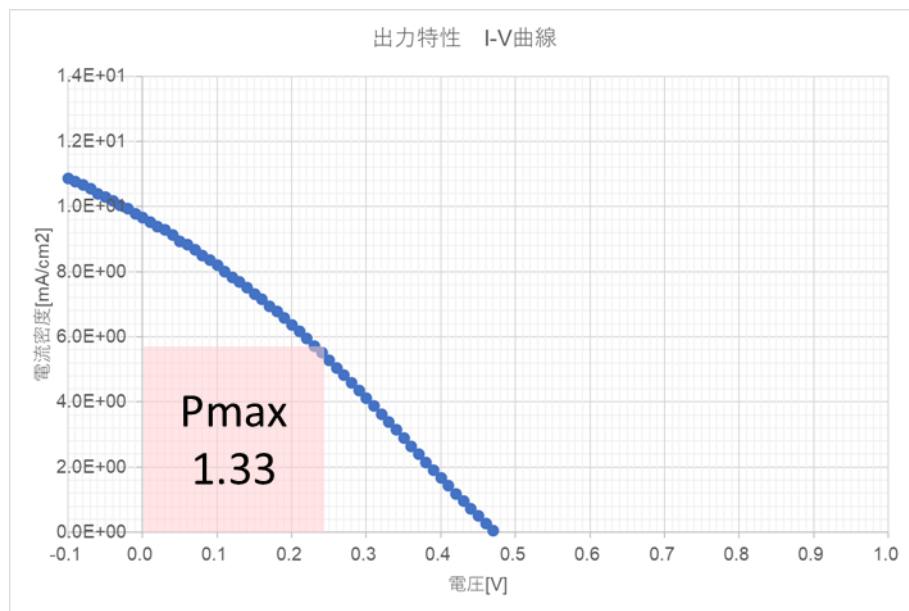
1SUN(1000W/m²)
AM1.5 室温
約10万 LUX

有機膜太陽電池



OPV特性評価

OPV出力特性を評価します。

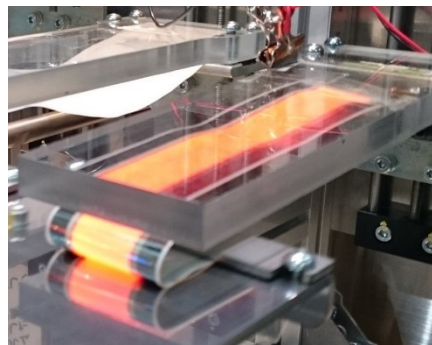


その他の評価

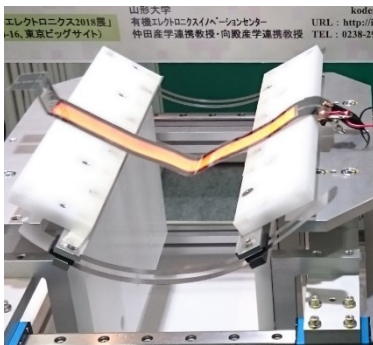
屈曲試験

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。



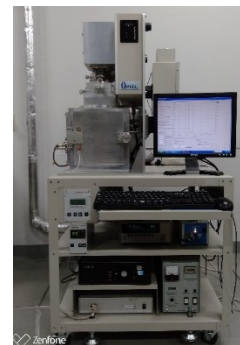
U字折り返し



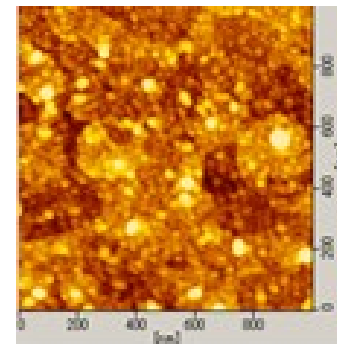
V字折曲げ



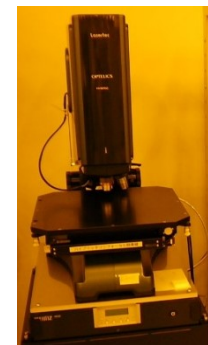
両方向
屈曲



イオン化ポテン
シャル測定



AFM



ハイブリッドコン
フォーカル顕微
鏡

物性評価/解析

各企業からの要望に応じて、さまざまな評価が可能です。

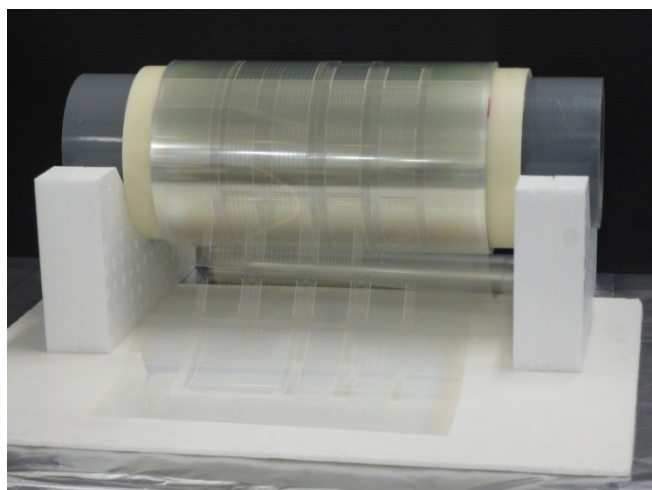
(例)

- ・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

フレキシブル有機エレクトロニクスデバイス (有機EL, 有機薄膜太陽電池) 作製例

産学連携により作製したフレキシブル有機エレクトロニクスデバイス(有機EL, 有機薄膜太陽電池)のいくつかを紹介します。

超薄板ガラスを用いたフレキシブル有機EL



下部電極(陽極)形成済み
超薄板ガラス

Counter substrate

Protecting layer

Al (100nm)

DPB:Liq (25wt%) 43.5nm

Alq:G-dopant (1.5wt%) 30nm

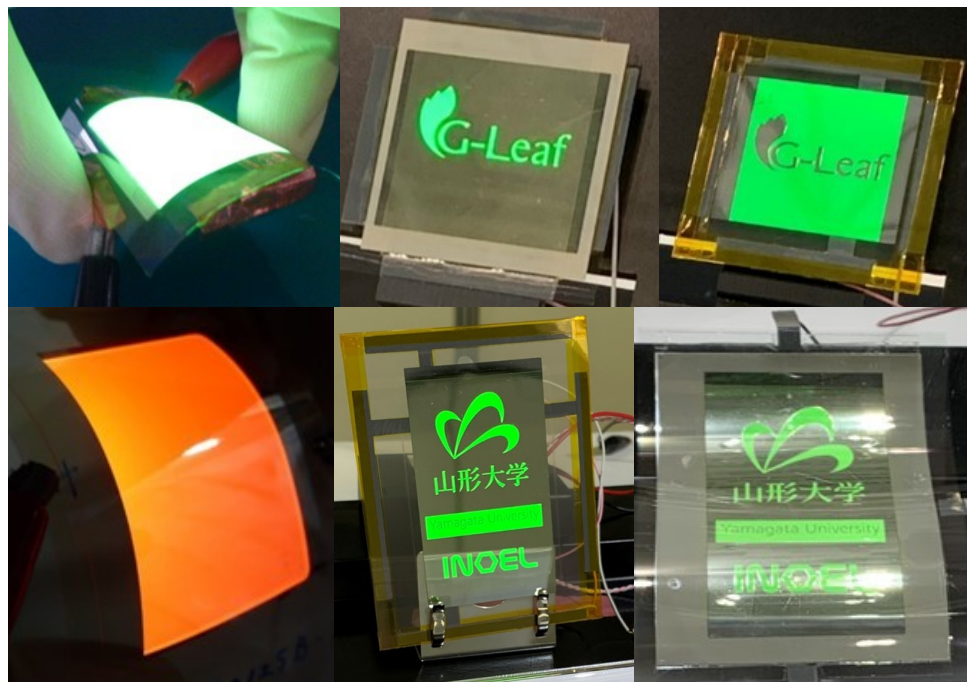
HTL (40nm)

MoO₃ (10nm)

ITO

Ultra thin glass (50μm)

デバイス構造例



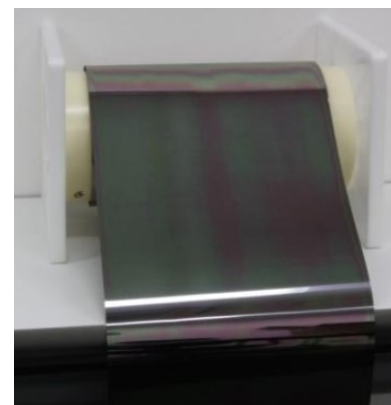
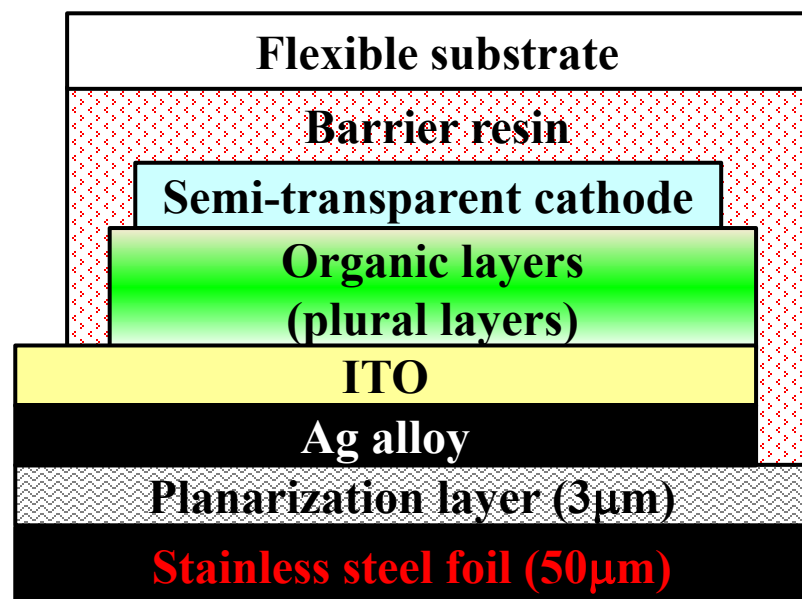
共同研究

日本電気硝子株式会社、他

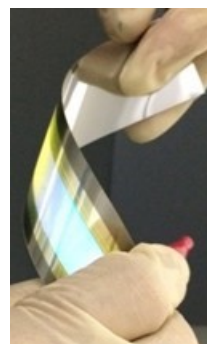
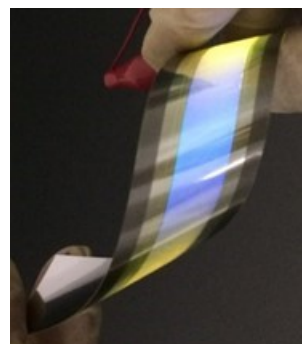
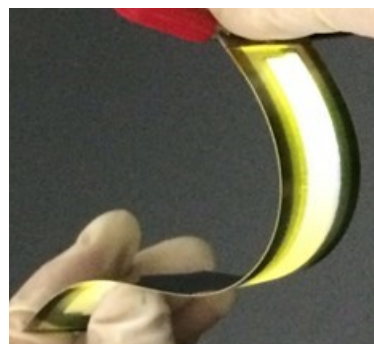
主な研究発表

- T. Furukawa, M. Koden, IEICE Trans. Electron, E100-C, 949 (2017).
- T. Nakagaki, T. Kawabata, H. Takimoto, T. Furukawa, IDW'19, FLXp1-9L (2019).
- T. Furukawa, N. Kawamura, T. Noda, Y. Hasegawa, D. Kobayashi, M. Koden, IDW'17, FLX6-2 (2017).

高機能ステンレス箔を用いたフレキシブル有機ELパネル



日本製鉄グループ製
高機能ステンレス箔



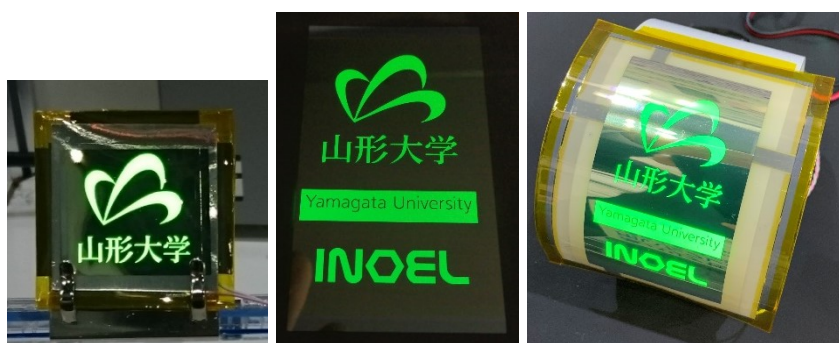
共同研究

日本製鉄株式会社、日鉄ケミカル&マテリアル株式会社

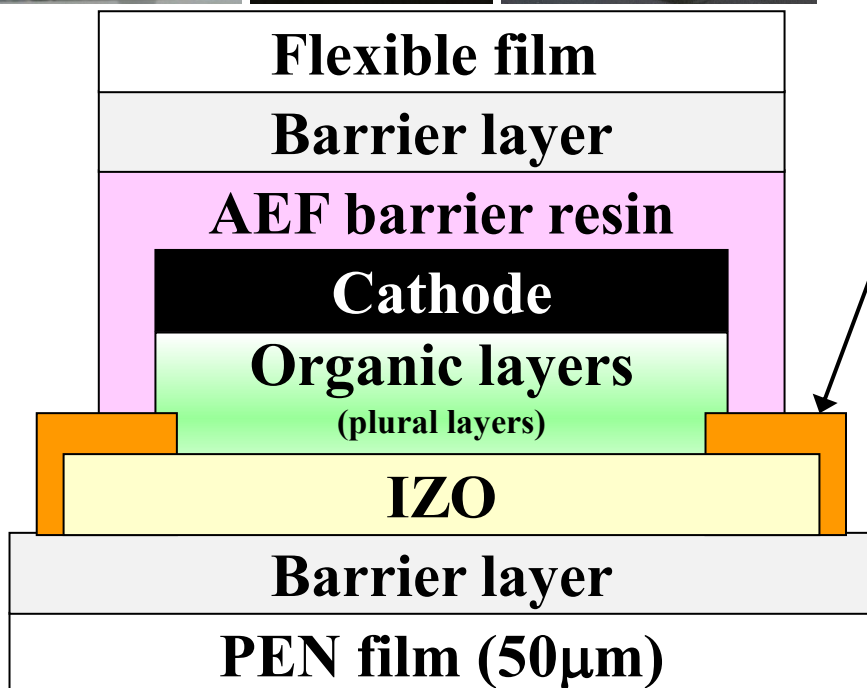
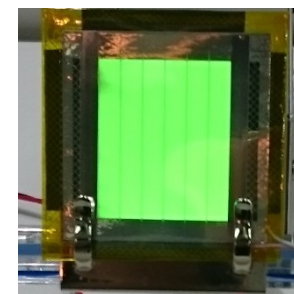
主な研究発表

- Y. Hagiwara, T. Furukawa, T. Yuki, S. Yamaguchi, N. Yamada, J. Nakatsuka, M. Koden, H. Nakada, IDW'17, FLXp1-9L (2017).
- M. Koden, T. Furukawa, T. Yuki, H. Kobayashi, H. Nakada, IDW/AD'16, FLX3-1 (2016).

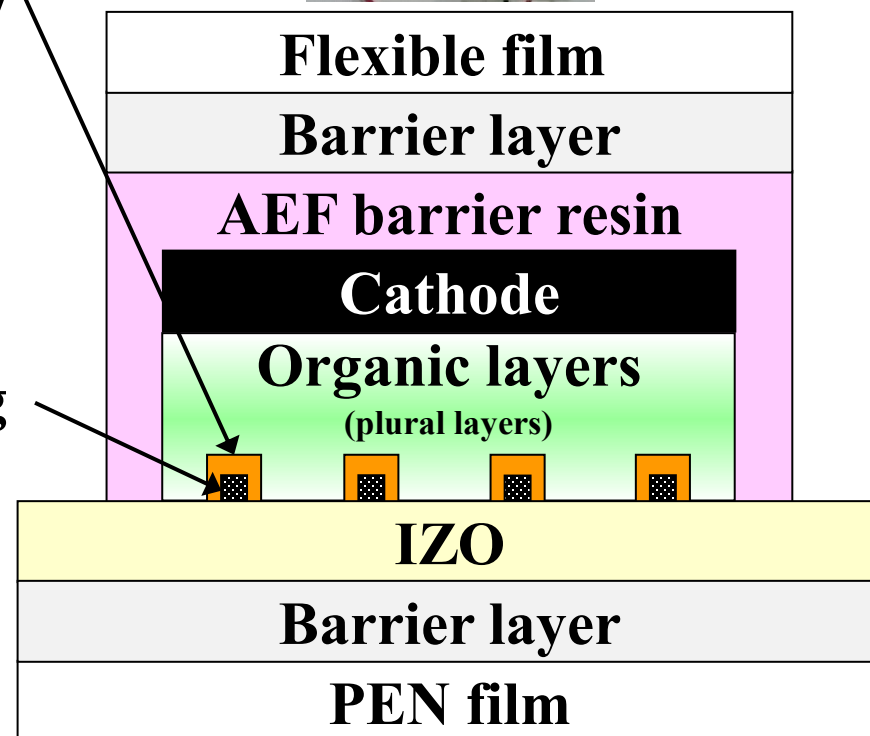
バリアフィルムを用いたフレキシブル有機EL



Insulator
(with particles)



Ag



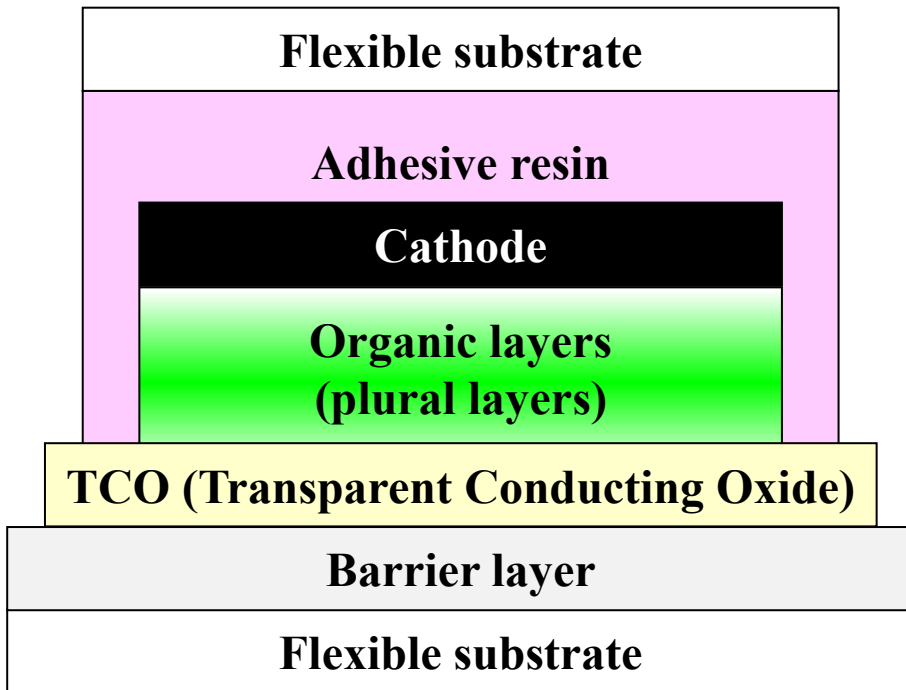
共同研究

帝人株式会社、他

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).

フレキシブル有機ELデバイスによる製品コンセプトサンプル



共同研究

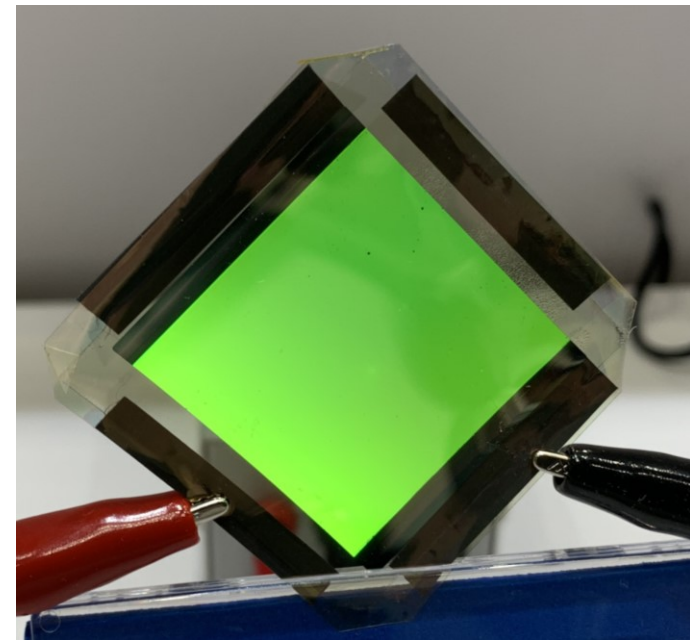
株式会社 小森コーポレーション、竹田印刷株式会社

主な研究発表

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

EXPEEK®バリアフィルムを用いたフレキシブル有機EL

EXPEEK film
Si ₃ N ₄ (100nm) by sputtering
Al ₂ O ₃ (90nm) by ALD
Si ₃ N ₄ (100nm) by sputtering
Barrier resin
Al (100nm)
ETM:Liq[3:1] (32nm)
Alq3:Coumarine[1%] (35nm)
α-NPD (80nm)
HATCN (5nm)
IZO (120nm)
Si ₃ N ₄ (100nm) by sputtering
Al ₂ O ₃ (90nm) by ALD
Si ₃ N ₄ (100nm) by sputtering
EXPEEK film



Device size: 50 × 50mm
Emission area: 32 × 32mm

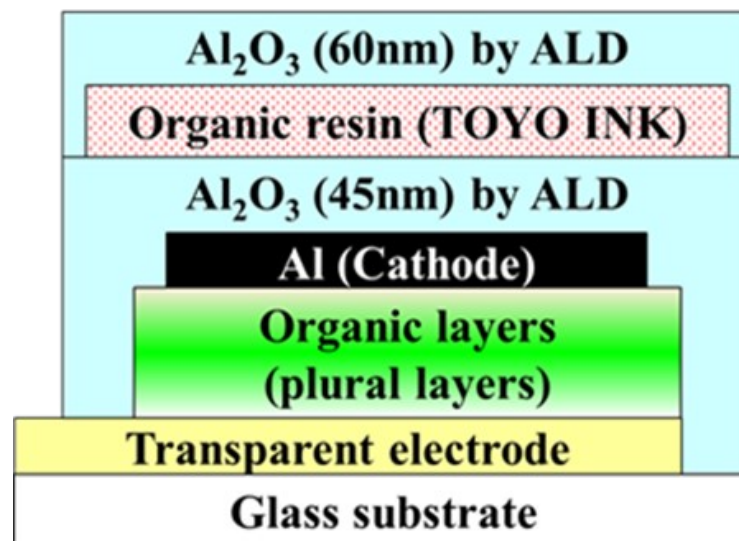
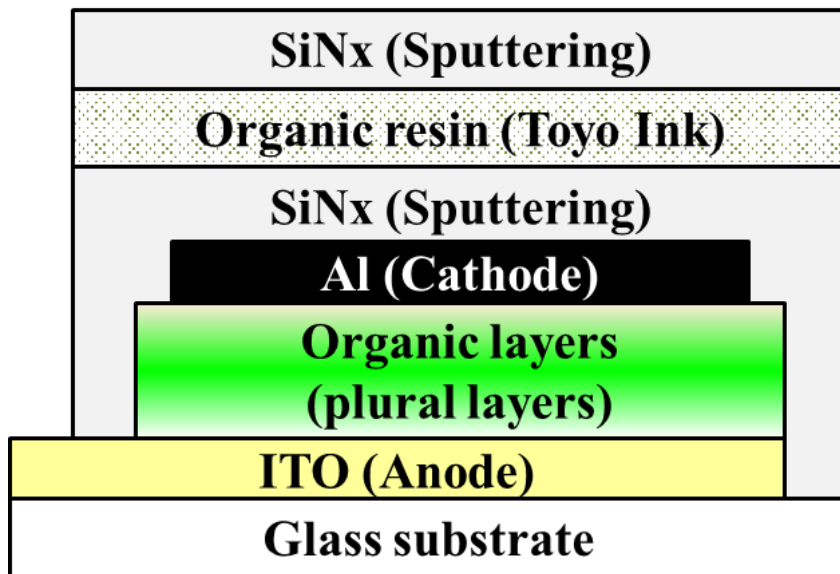
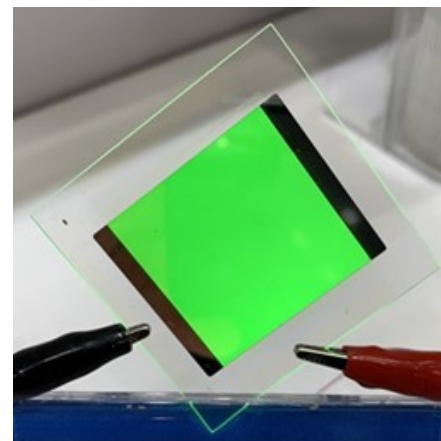
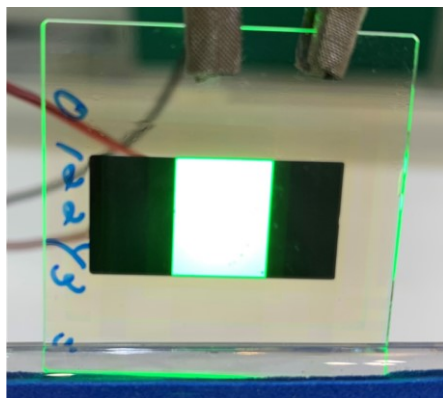
共同研究

倉敷紡績株式会社

主な研究発表

- T. Yuki, T. Nishikawa, M. Sugimoto, H. Nakada, M. Koden, IDW'20, FLX2-3 (2020).
- 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).

TFE用いたフレキシブル有機EL



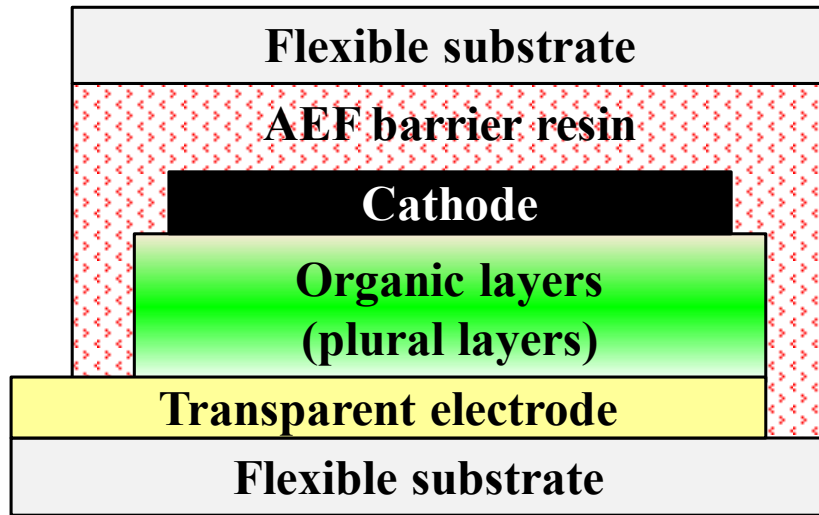
共同研究

東洋インキSCホールディングス株式会社

主な研究発表

- 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).

ラミネート封止を用いたフレキシブル有機EL

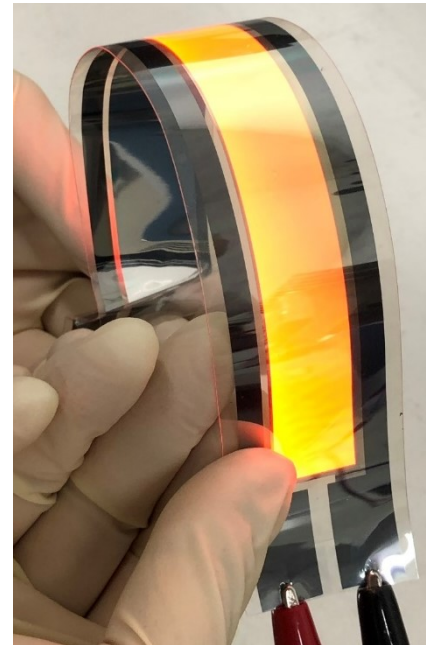
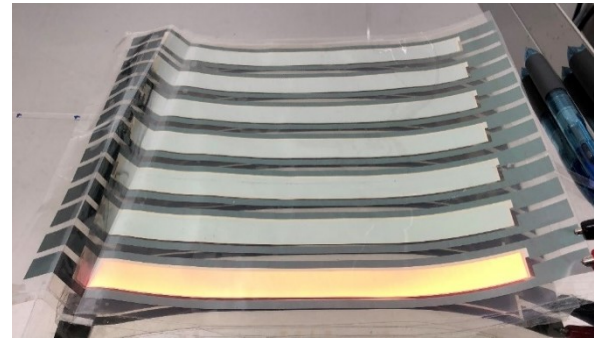


共同研究

味の素株式会社/味の素ファインテクノ株式会社

主な研究発表

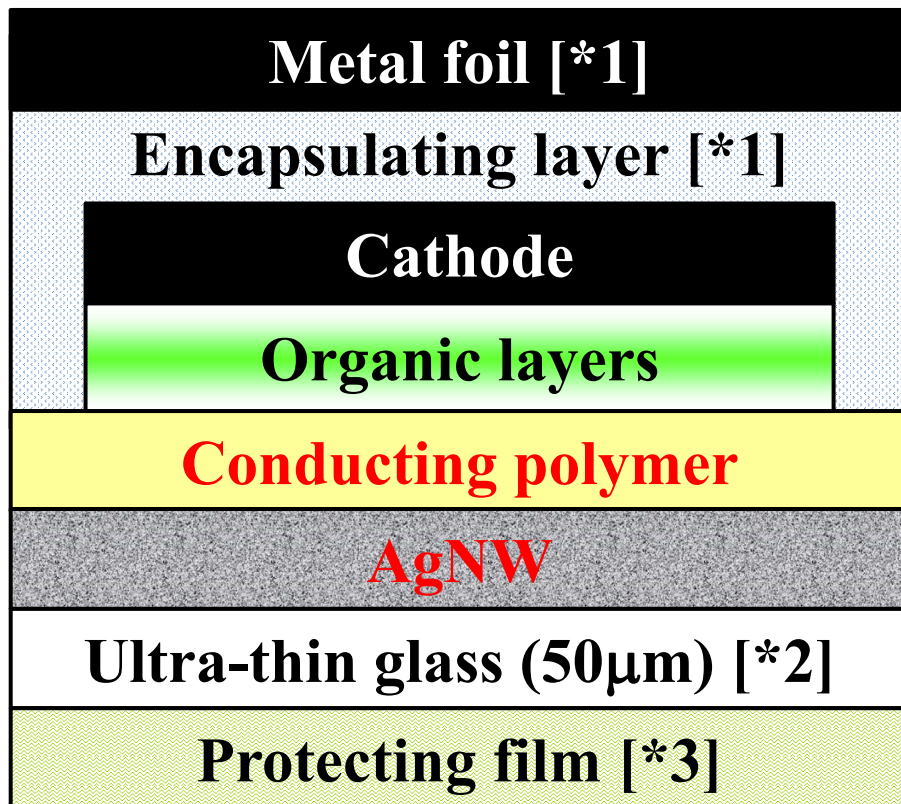
- 山形大学:「JFlex2019展」(2019.1 / 東京ビッグサイト).



Exhibited in “Printable Electronics
2018” exhibition (Feb. 2018, Tokyo)

銀ナノワイヤーと透明導電ポリマーを用いたフレキシブル有機EL

Flexible OLED without ITO was successfully fabricated.



Panel size: 50mm x 50mm
Emission area: 32mm x 32mm

- [*1]** Supplied from Ajinomoto Fine-Techno
- [*2]** developed by Nippon Electric Glass
- [*3]** developed by Mitsubishi Plastics

主な研究発表

- M. Koden, T. Furukawa, T. Yuki, H. Kobayashi, H. Nakada, IDW/AD'16, FLX3-1 (2016).

印刷型ITO代替電極を用いた有機EL

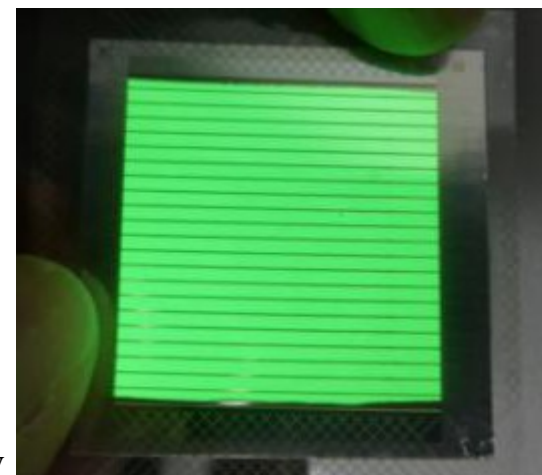
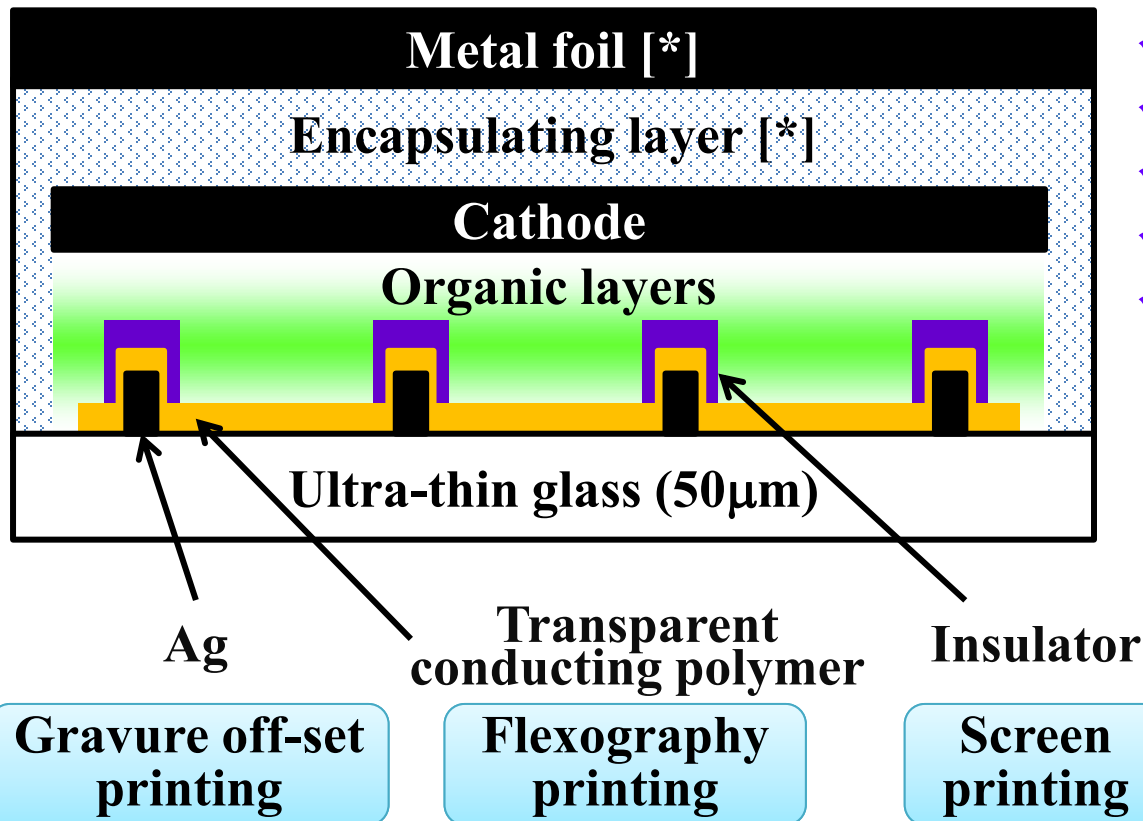
Flexible OLED without ITO was successfully fabricated.

- ✓ Substrate size : 50mm X 50mm
- ✓ Emission area : 32mm X 32mm

Collaboration by:

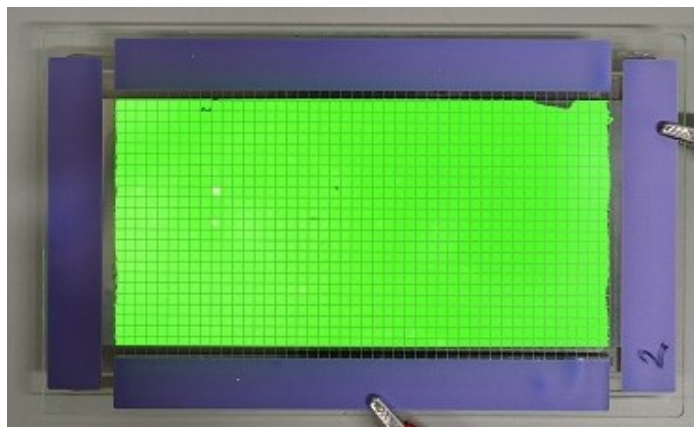
- ✓ Yamagata University
- ✓ Dai Nippon Printing
- ✓ DIC
- ✓ Komori Machinery
- ✓ SERIA
- ✓ Taiyo Kikai

[*] supplied from Ajinomoto Fine-Techno

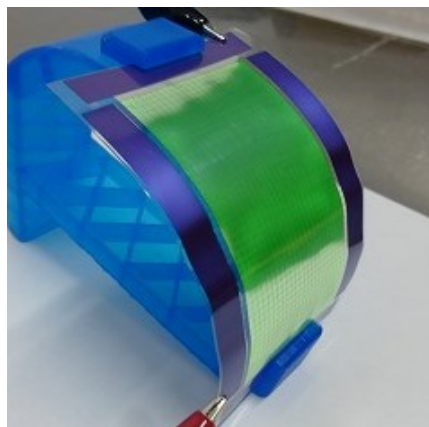


T. Furukawa, N. Kawamura, M. Sakakibara, M. Koden, International Display Manufacturing Conference (IDMC'15), S4-4 (2015). [招待講演] (台湾)

メタルメッシュ埋め込み型ITO代替透明電極を用いた有機EL

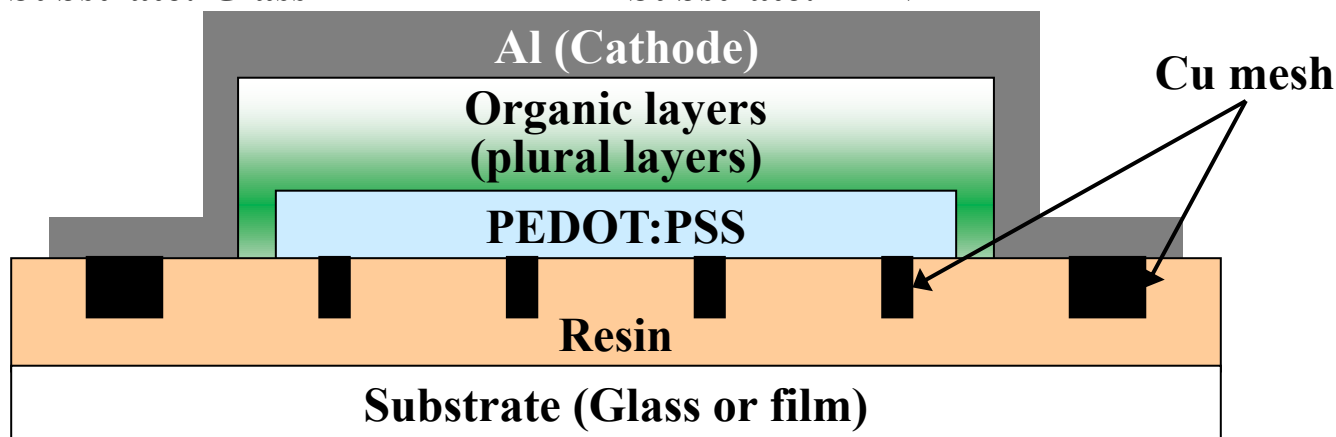


Substrate: Glass



Substrate: PEN

基板サイズ: 60mm × 100mm



共同研究

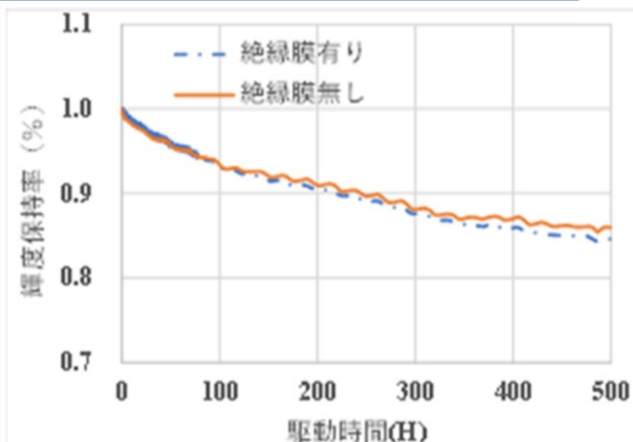
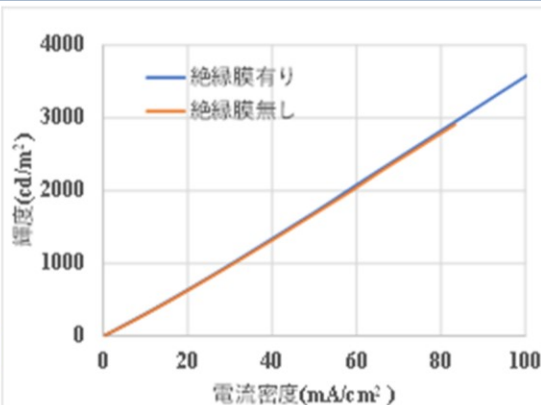
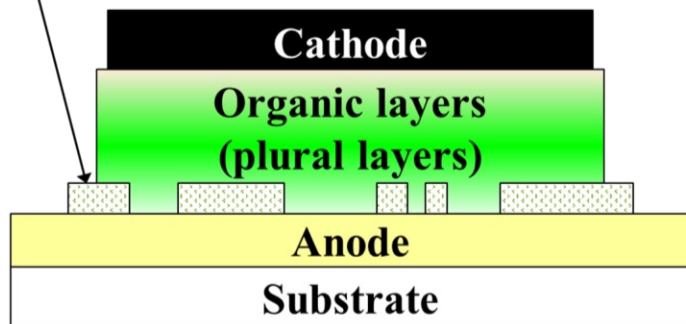
東洋アルミニウム株式会社、佐野健志教授(山形大学INOEL)

主な研究発表

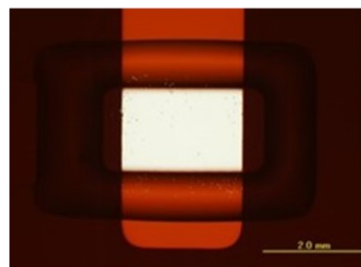
- 向殿充浩, 川村憲史, 結城敏尚, 仲田仁, 和栗一, 田健吾, 中尾凌, 南山偉明, 有機EL討論会第31回例会, S7-2 (2020).
- 和栗一, 田健吾, 中尾凌, 南山偉明, 第30回マイクロエレクトロニクスシンポジウム(MES2020) 秋季大会, 1B1-2 (2020).
- 山形大学; 「JFlex2020展」「TCTJAPAN」展(2020.1 / 東京ビッグサイト)

オンデマンド有機ELパターンニング

Insulator (by IJ)



絶縁膜の導入による発光不良発生なし



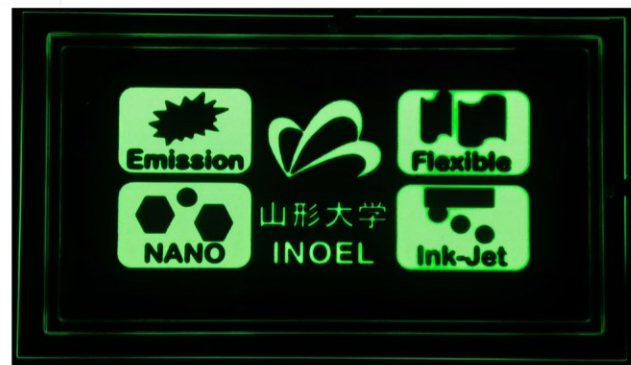
絶縁膜あり



絶縁膜なし



基板サイズ: 50mm × 50mm



基板サイズ: 60mm × 100mm

共同研究

東洋インキSCホールディングス株式会社

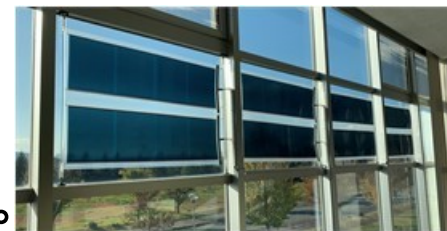
主な研究発表

- M. Sugimoto, Y. Fukuchi, H. Tsuruta, M. Koden, H. Nakada, T. Yuki, A-COE 2021, PA-17 (2021).
- 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(オンライン), S5-1 (2021).
- 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(オンライン), S7-3 (2020).

ロールtoロール(R2R)法によるフレキシブル有機太陽電池(OPV)

フレキシブル有機薄膜太陽電池(OPV)の特長

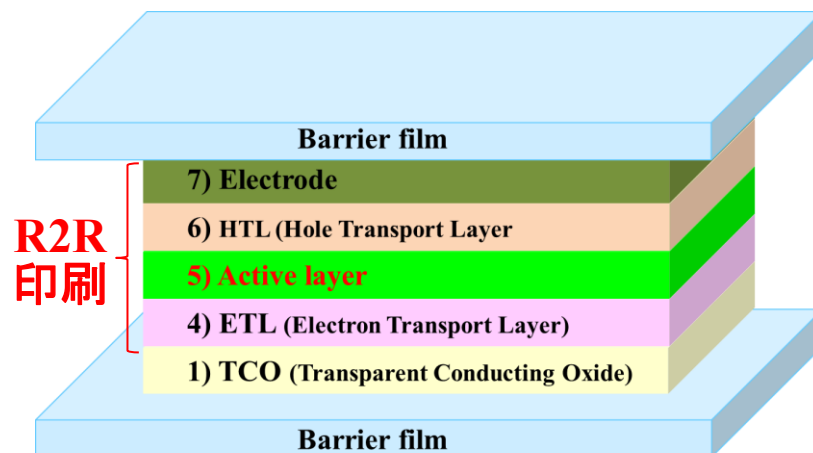
- 半透明であるため窓に設置しても太陽光を遮ることがない。
- フィルムを用いているためフレキシブルで、薄く、軽く、割れない。
- 設置場所を選ばず、窓や壁などにも両面テープなどで簡単に設置。



INOELでの設置例

主な技術成果

- 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)印刷
 - 5)発電層(Active layer)印刷
 - 6)正孔輸送層(HTL)印刷
 - 7)電極印刷
 - 8)集電電極取付
 - 9)封止



フレキシブルOPV断面図

共同研究

関連プログラム

主な研究発表

株式会社MORESCO, 株式会社イデアルスター

- 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]
- 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).

おわりに

当研究グループでは、フレキシブル有機エレクトロニクスデバイス(OLED, OPV)技術を保有しており、これらの技術及び教員の豊富なスキルと経験を活かして、企業での実用開発に役立つ産学連携研究を推進します。

お気軽にお問い合わせください。

(連絡先)

仲田 仁(産学連携教授) nakada@yz.yamagata-u.ac.jp
向殿 充浩(産学連携教授) koden@yz.yamagata-u.ac.jp



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)

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)

<http://inoel.yz.yamagata-u.ac.jp/F-consortium/home.html>

