

第 章 講演会

I - 1 有機デバイスの進展と最近のトピックス

富山大学工学部 電気電子システム工学科  
助教授 岡田 裕之

講演会：「有機デバイスの進展と最近のトピックス」

講師：岡田 裕之

開催日：2005年7月19日

会場：(社)ビジネス機械・情報システム産業協会 第1・2会議室

参加者：21名

記 録：伊藤 昇\*1

### 1. はじめに

近年、画像素子、トランジスタ、など電子デバイス材料として、エコロジー、コスト、フレキシビリティ、薄層形成の容易さ、などから有機材料が注目を浴びている。古いところでは電子写真有機感光体があるが、最近ではその応用展開とも言える有機 EL が話題をさらっている。それ以外に様々な応用の可能性を秘めており、官・学・民が競って研究や応用開発を行っている。JBMA に参画している企業の多くは、これらの技術研究・開発を手がけていることに鑑み、本小委員会では、この分野で先端を行かれる、富山大学工学部助教授・岡田裕之様をお招きし、ご講演を賜った。

### 2. 概要

本ご講演は次のような構成となっていた。

- ・有機 EL 素子について
- ・インクジェットを利用した薄膜形成技術
- ・自己整合隔壁デバイス
- ・有機デバイスの今後の応用展開

### 3. 内容

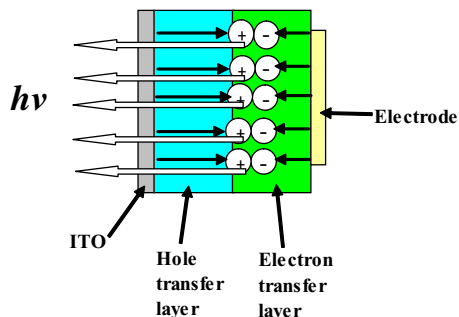
最初に述べたデバイスは、いずれも如何にして均一な薄層を作成するかが、極めて重要である。岡田先生は、この方法として、簡便なインクジェット技術に着目され、本協会の参画企業の一社と共同研究をされており、本稿ではその成果も含め、ご報告いただいた。

#### 3.1 有機 EL

先にも述べたが、有機デバイスの代表格は有機 EL であろう。Fig.1 に有機 EL の発光原理を示す。図から分かるように、既に製品技術として確立されている、電子写真の有機感光体の応用とも言える。異なるのは、電荷が結合したときにエネルギーを光に変える素子を必要とする点である。有機 EL は、次世代薄層画像デバイス、照明として非常に期待され、大学、国立研究所、企業がしのぎを削っており、産学共同研究開発も盛んである。既に携帯の画面や小型ディスプレイに展開されているが、その課題としては、現状テレビ並みの大画面対応、消費電力、寿命、水分を嫌う、などの点である。寿命は、現行のテレビの 1/10 程度であり、実

\*1 技術調査小委員会委員

用化に向けては更なる研究が必要である。また、外気の水分から守るため、現状では ITO 電極の上からガラスで完全に封止している。この点を有機材料でカバーできれば、応用範囲が格段に広がるものと思われる。



電子輸送層内で、電子とホールが結合すると高いエネルギーを持つ励起子が生成される。この状態から通常のエネルギーレベルになる際に、エネルギーが光に変換され、発光する。当然ながら、層は薄いほうが電荷移動速度が速いので、応答性が良くなる。

Fig.1 有機 EL の発光原理

### 3.2 インクジェット技術の有機 EL 作成への展開

有機 EL は、薄膜発光部で正負の電荷が結合した折のエネルギーを光に変えることで発光する。自発光ゆえに、角度を変えても画像に変化がない点が優れる。また発光効率は 80lm/W で、蛍光灯並みである。

有機物において電荷がスムーズに輸送されるためには、薄層形成が不可欠となる。その方法は色々あるが、インクジェットの応用は、材料利用効率・高精細フルカラー化・大面積対応その他必要な要件をバランスよく達成できる有望な方法である。そして、何より極めて簡便である点が優れている。

インクジェットによる高精細薄膜形成は、通常のインクジェットにおけるパラメータ制御とほぼ同じであり、詳細は添付の資料を参照いただきたいが、最大の課題は、均一薄膜を作成する点である。乾燥時に、どうしてもドットのエッジが盛り上がるからである。

岡田先生の研究室では、インクジェットを適用した自己整合隔壁デバイスを開発され、プロセスが容易で歩留まりに優れる方法の確立に成功された。この方法では、輝度が通常の方法より低いこと、特にエッジ部

での樹脂混入による輝度低下などの課題がある。

### 3.3 その他の応用例

次にインクジェット技術の有機デバイスへの応用展開について説明された。

まずは、有機トランジスタとして、有機半導体であるペンタセンのパターンニングにインクジェットを利用する例である。ペンタセン溶液は作成が難しくまた酸化されやすいので、アルゴン雰囲気の中でジクロロベンゼンに投入して 70℃ で三日間加熱し、そのままの温度と雰囲気で保管する。自己整合で薄膜を作成するが、形成時も酸素のない状態が必要である。ゲート絶縁材は、シリコン樹脂やシクロオレフィン樹脂を使う。現状移動度は、 $2.7 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{Vs}$  を達成している。

自己整合有機フォトダイオードは、OPD を含むインクを使い、先と同じように ITO 上の絶縁膜にそのインク液滴を打ち込み、カソードで封印する。絶縁膜はシクロオレフィン樹脂を使う。光導電性材料は、ピラゾリン系化合物である。スピコート法より良好な導電率を得ている。

有機 EL とフォトダイオードの複合素子 (Bi-Matrix) の検討を行っている。フォトダイオードと有機 EL を重ねることで、光吸収と発光を同時に行うことができる。これは、例えばパソコンや携帯のディスプレイとスキヤナの機能を同時に持たせることができる。

## 4. 終わりに

本協会に参画されている多くの企業は、何らかの形で総額 10 兆円規模と言われている電子写真機器を主要ビジネスとされている。一方で、紙媒体に替わる新規画像技術がどのようになるのかおぼろげながら見えてきている中で、新規技術を模索しているのも確かである。有機 EL は、次世代ディスプレイとして期待が高まっているが、その薄さと自己発光という点では、紙媒体に近いものがあり、電子写真機器や従来の書籍など紙媒体に替わる可能性を秘めている。そのような観点から、本ご講演は意義あるものであった。また、昨今ビジネスとしてソフトの重要性が強調される傾向に

あるが、時代を変えるような新技術開発は、例えば IC のごとき過去の例と変わらず、材料の開発と言うハード面の確立が不可欠であることを改めて実感した。有機 EL も、ビジネスモデルの模索と材料の研究開発・改良との両輪がうまく絡まって始めて大きな市場を得るであろうことは、疑う余地がない。

末筆ながら、ご多忙の中遠方より足を運んでいただきご講演を賜った岡田先生に、ここに深くお礼申し上げます次第です。

以上

禁無断転載

2005 年度  
ビジネス機器関連技術調査報告書(“I-1”部)

発行 社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会  
技術委員会 技術調査小委員会

〒105-0003 東京都港区西新橋3丁目25番33号

N P 御成門ビル4階

電話 03-5472-1101

FAX 03-5472-2511

# 有機デバイスの進展と最近のトピックス

富山大学 工学部 岡田 裕之

## 研究者

吉森 幸一、佐藤 竜一、大榮 政憲、柳 順也、  
柴田 幹、中 茂樹、女川 博義（富山大学）  
角本 英俊、竹村 仁志（プラザ東海JST）  
宮林 毅、井上 豊和（ブラザー工業）

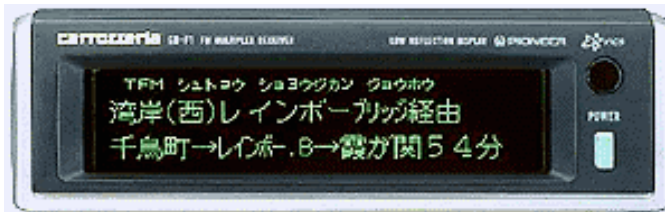


## 【講演内容】

- ・ 有機 E L 素子の背景
- ・ 有機 E L 素子の基礎
- ・ I J P 法とプロセス条件
- ・ インクジェット法による有機 E L 素子
- ・ 自己整合隔壁デバイス - 簡単、高歩留のプロセス
- ・ トップエミッション自己整合有機 E L 素子
- ・ 有機デバイスの新展開

# 有機EL素子の背景

## 【有機EL素子】



**世界初**有機EL搭載カーオーディオ  
(パイオニア) (1997年)



Pioneer カーオーディオ (2000年)



**世界初** Sanyo&Kodak  
アクティブ型フルカラー(2003年)



SONY クリエ『PEG-VZ90』(2004年)



## 【有機EL素子】

次世代のフラット  
パネルディスプレイ！

- **自発光**
- **高輝度** 100,000 cd/m<sup>2</sup>以上
- **高効率** 80 lm/W、19 %
- **高速応答** 1 μs
- **フレキシブル**

分類	種類	発光効率 (lm/W)
ランプ	ナトリウムランプ (1kW)	125
	蛍光灯 (40W)	80
	水銀灯 (1kW)	60
	ハロゲン電球 (30W)	20
ディスプレイ	CRT	30
	LCD (バックライト)	3
	投写型LCD	15
	PDP	1
	LED (白)	30
	有機EL素子	<b>80</b>

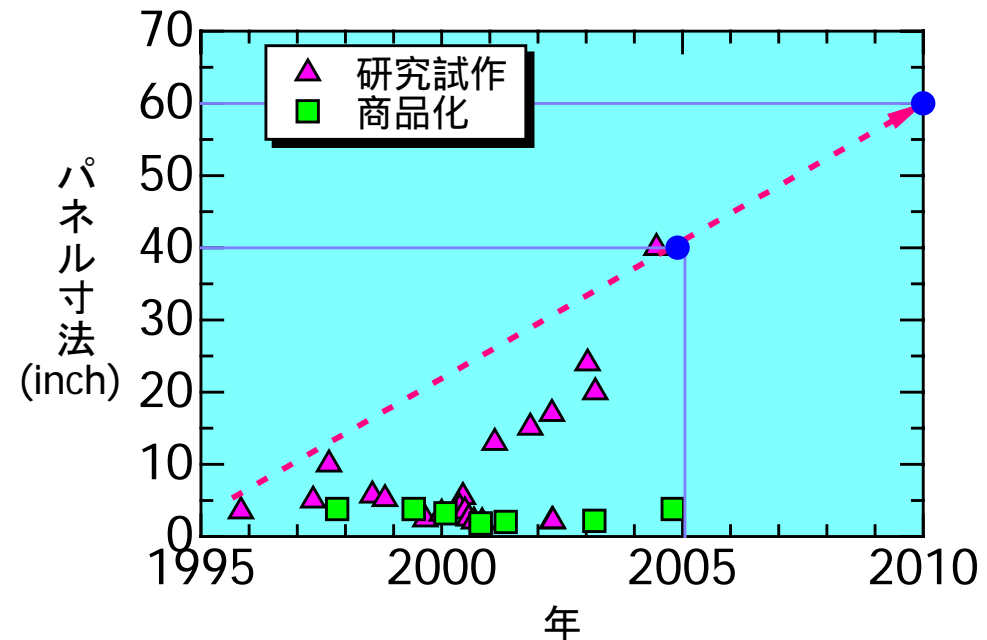
(Ref) 分子科学と光物理学とのキャッチ  
ボール：高分子学会編 (2001).

## 【有機EL素子の研究開発状況】

- (1) モニター用ディスプレイ **トップエミッション構造**
  - ・ 40型 IJPフルカラーパネル (Epson 2004, Samsung 2005)
  - ・ 20型 a-Si TFT **トップエミッション構造** (IDTech&IBM, 2003)
  - ・ 24.2型 **トップエミッション構造** (SONY, 2003)
  
- (2) 携帯端末用モニター **解像度 液晶と同等**
  - ・ 302 ppi 2.6inch LTPS VGA, LITI Process (Samsung, 2005)
  
- (3) フレキシブル表示 **バリア性に工夫**
  - ・ 3inch フレキシブル表示 SiON被覆, 3g, 0.2mm (パイオニア, 2003)
  - ・ **りん光** 多層バリアコート (Universal Display, Vitex, 2003)

## 【次世代有機EL素子の課題】

- ・ 高精細
  - ・ 低消費電力
  - ・ 低駆動電圧
  - ・ 高信頼性
  - ・ 低コスト化
  - ・ 大画面化
- メーターサイズ対応



### NEDO 情報通信高度化プログラム 高効率有機デバイスの開発 (H14-H18)

- ・ 60インチクラス
- ・ 視感効率 50 lm/W以上
- ・ 動画表示
- ・ 0.2 mm厚

## 【講演内容】

- ・ 有機 E L 素子の背景
- ・ 有機 E L 素子の基礎
- ・ I J P 法とプロセス条件
- ・ インクジェット法による有機 E L 素子
- ・ 自己整合隔壁デバイス - 簡単、高歩留のプロセス
- ・ トップエミッション自己整合有機 E L 素子
- ・ 有機デバイスの新展開

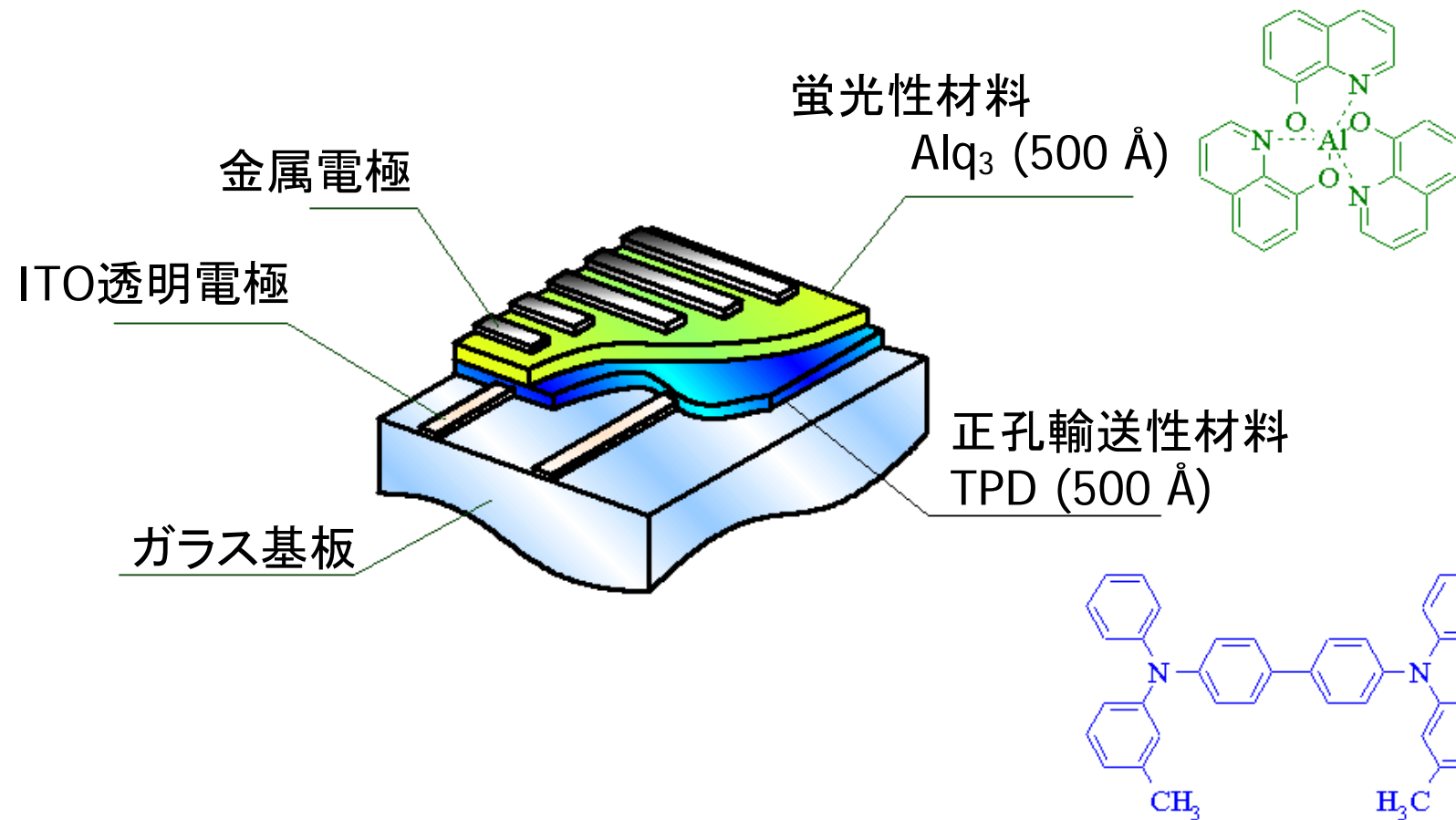
---

## ・有機EL素子の基礎

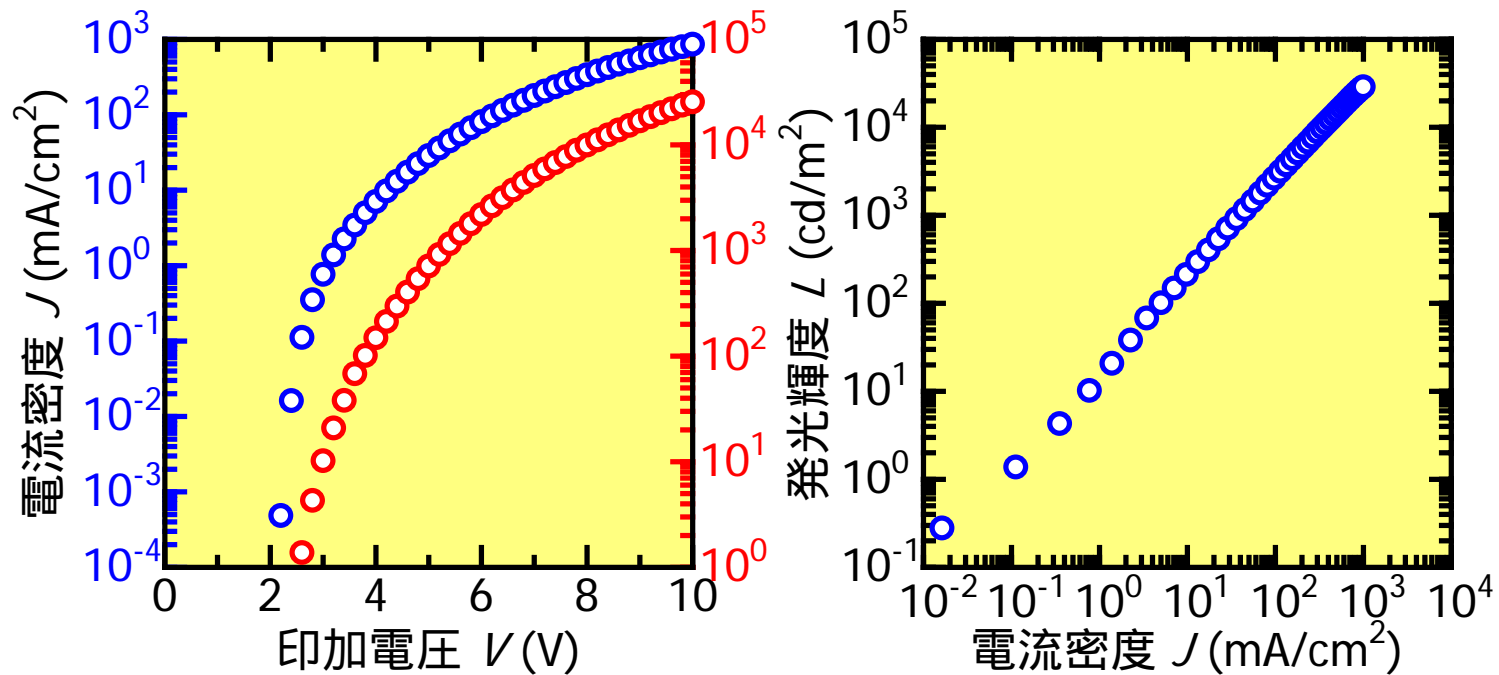
### 陰極の検討

- S.Naka *et al.*, Proc. ICEL1, p.90 (1997).
- S.Naka *et al.*, Synthetic Metals, vol.91, pp129-130 (1997).
- S.Naka *et al.*, MRS'98 Spring Meeting, p.139 (G8.10) (1998).
- I.Yamamoto *et al.*, 10 th Int'l. Conf. EL'00, P58 (2000).
- S.Tabatake *et al.*, Proc. AD/IDW'01, OEL3-4 (2001).
- 中他, 信学技報, OME96-77 (1996).
- 山本他, 信学技報, EID99-78(2000).
- 為川他, 電気関係学会北陸支部学生会, 4-14 (1995).
- 山本他, 平成11年秋季応物, 4a-N-5 (1999).
- 田畠他, 平成12年度春季応物, 29p-ZN-16 (2001).
- 田畠他, 平成13年度秋季応物, 11p-V-13(2001).
- 田畠他, 平成14年春季応物, 27p-YL-15 (2002).

## 【代表的有機EL素子の構造】



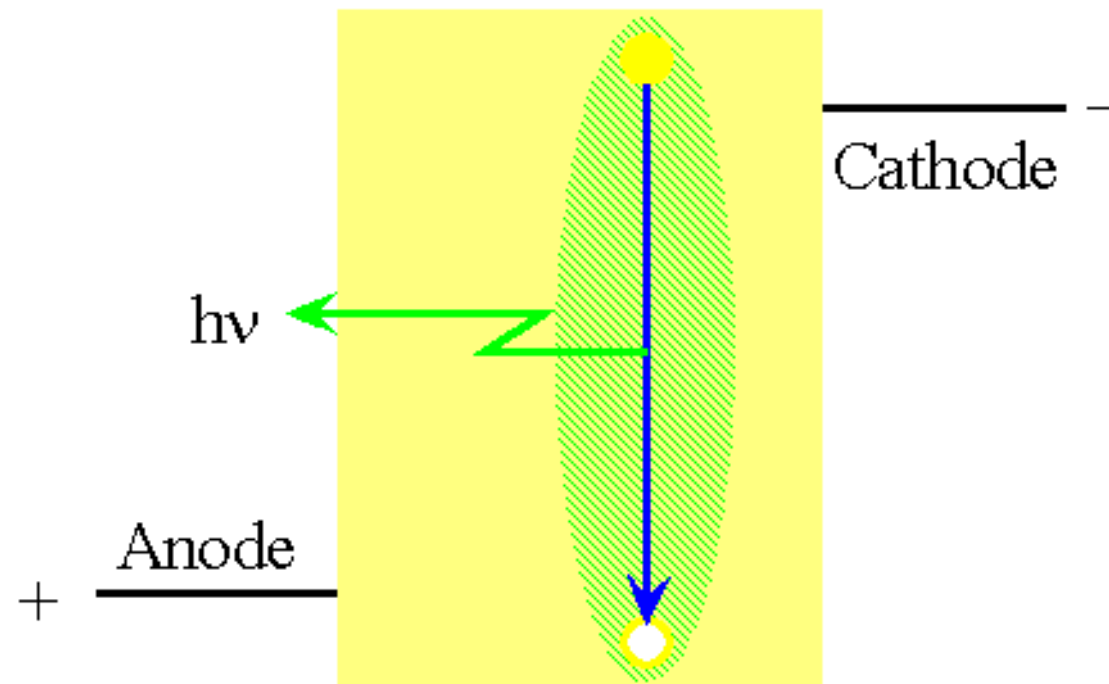
## 【素子の特性】



ITO/TPD (500 Å)/Alq<sub>3</sub> (500 Å)/LiF (10 Å)/Al (700 Å)

10 V程度で10,000 cd/m<sup>2</sup>

## 【有機EL素子の動作】





## 【有機EL素子の効率】

### ■ EL efficiency\*

$$\eta_{\phi}(\text{ext}) = \gamma \eta_r \phi_f \eta_{\text{ext}}$$

キャリアの注入・輸送比率  $\gamma$  → ~100% : 積層構造

励起子生成効率  $\eta_r$  → ~100% : りん光材料

内部発光量子効率  $\phi_f$  → ~100% : 材料の選択

光取出し効率  $\eta_{\text{ext}}$  → ~20%

\* T. Tsutsui, MRS Bulletin, **22** (1997) 39.

## 【発光に必要な条件(1)－(3)】

(1) キャリアの注入 (正孔、電子)

ショットキー、トンネル注入

(2) キャリアの輸送 (正孔、電子)

TPD  $\mu_h \sim 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$

Alq<sub>3</sub>  $\mu_e \sim 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、 $\mu_h \sim 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{Vs}$

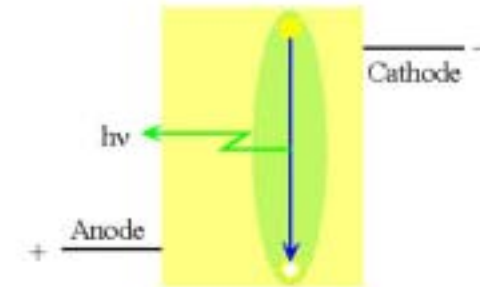
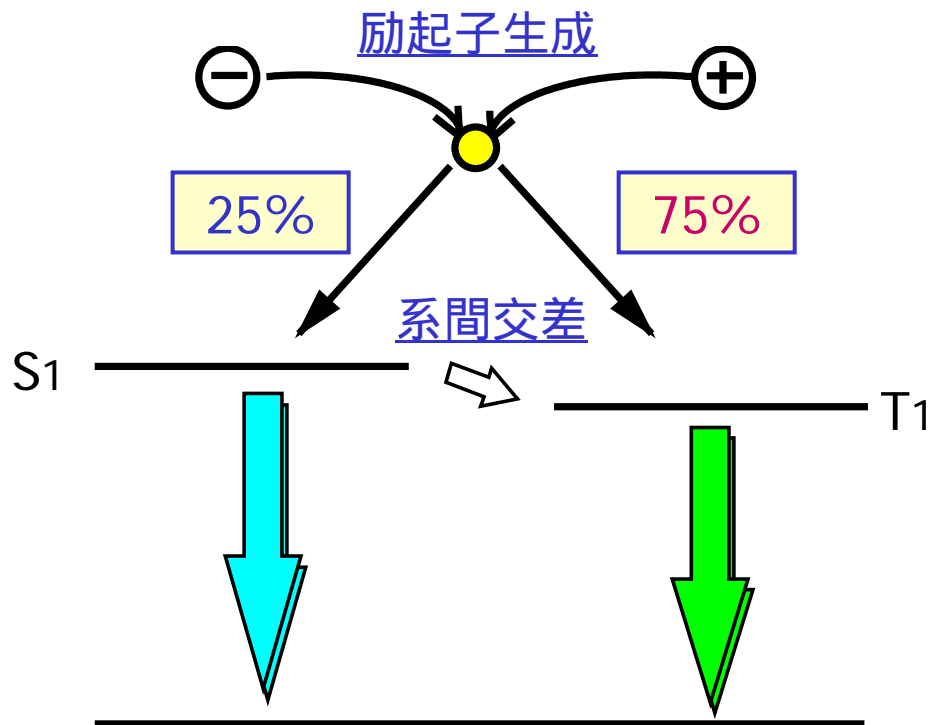
(3) キャリアバランス

電子 - 正孔対によりエキシトン生成可能

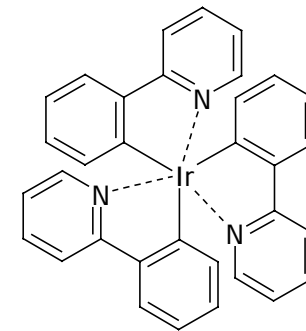


## 【高効率化に必要な条件(4)】

- (4) 高効率発光材料の選択  
・りん光材料の適用



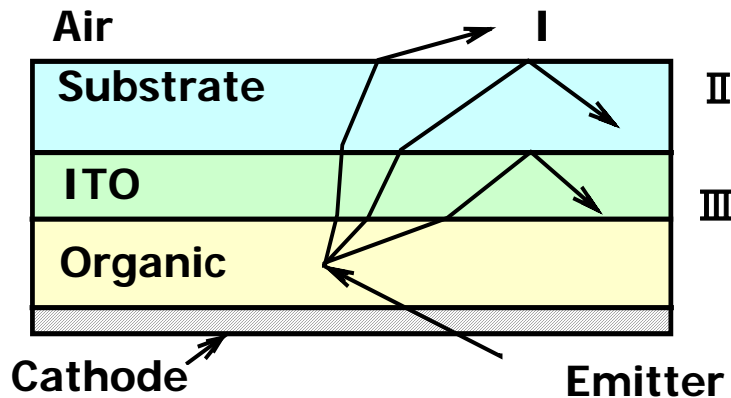
代表的材料



tris(2-phenylpyridine)iridium  
[Ir(ppy)<sub>3</sub>]

## 【高効率化に必要な条件(5)】

### (5) 光取出効率



#### 各光の割合

- I 外部放出光
- II 基板-Air界面での損失
- III ITO-基板界面での損失

(数値例)  $n_{\text{sub}}=1.5, n_{\text{ITO}}=1.80, n_{\text{org}}=1.70$



$$\eta_I = \int_0^{\theta_{\text{org}}} \sin \theta d\theta = 1 - \cos \theta_{\text{org}} = 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{n_{\text{org}}^2}}$$

$$\eta_I = 19.1(\%)$$



$$\eta_{II} = \int_{\theta_{\text{org1}}}^{\theta_{\text{org2}}} \sin \theta d\theta = \cos \theta_{\text{org1}} - \cos \theta_{\text{org2}}$$

$$\eta_{II} = 25.6(\%)$$



$$\eta_{III} = \int_{\theta_{\text{org2}}}^{\frac{\pi}{2}} \sin \theta d\theta = \cos \theta_{\text{org2}}$$

$$\eta_{III} = 55.4(\%)$$

**80%の光が、有機EL素子内に閉じこめられる**

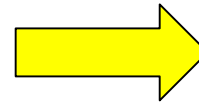
(Ref) C. F. Madigan *et al.*: Appl. Phys. Lett., 76(13), 1650 (2000).

## 【講演内容】

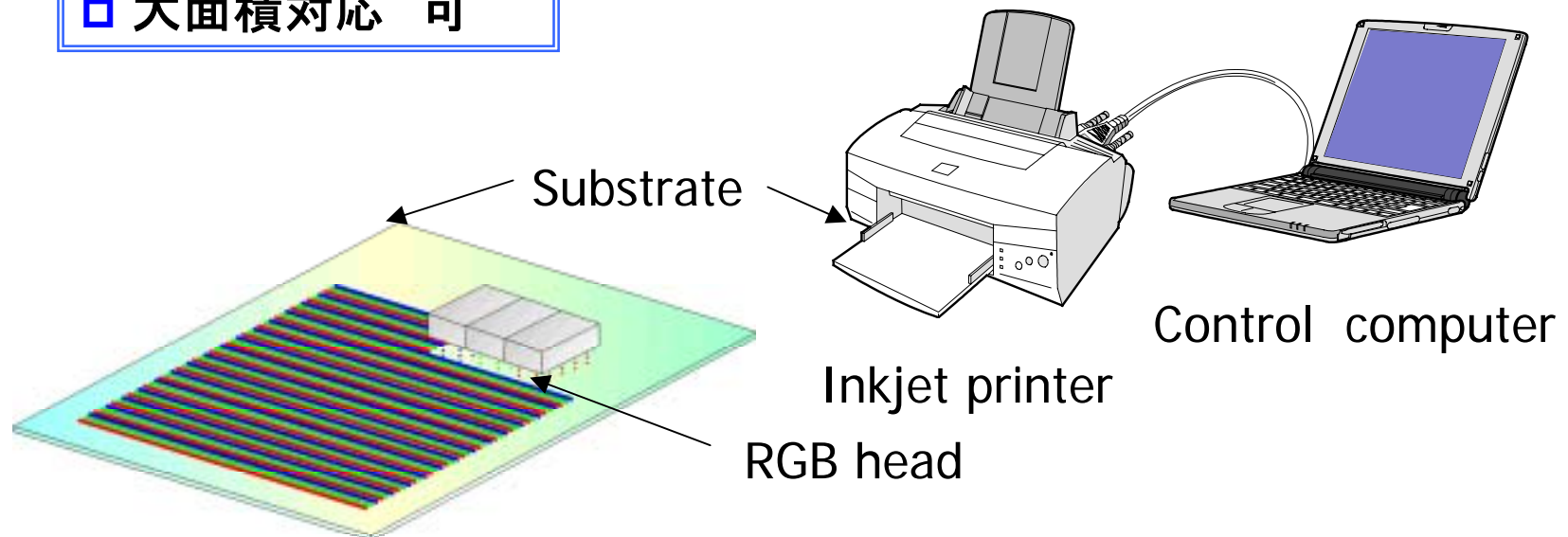
- ・ 有機 E L 素子の背景
- ・ 有機 E L 素子の基礎
- ・ **I J P 法とプロセス条件**
- ・ インクジェット法による有機 E L 素子
- ・ 自己整合隔壁デバイス - 簡単、高歩留のプロセス
- ・ トップエミッション自己整合有機 E L 素子
- ・ 有機デバイスの新展開

## 【インクジェットプリント法】

- タクトタイム 短
- 材料利用率 高
- 高精細化 可
- 大面積対応 可



有機ELプロセス  
として実用化の域！



□ 膜厚均一性が課題

## 【有機EL対応インクジェットプリント法の分類】

- (1) 直接インクジェットプリント (D-IJP)法  
T.R.Hebner *et al.*, Appl. Phys. Lett., **72**, 519 (1998).  
K.Yoshimori *et al.*, Proc. 18th. IDRC, 213 (1998).
- (2) ハイブリッド インクジェットプリント (Hybrid IJP)法  
J.Bharathan and Y.Yang, Appl. Phys. Lett., **72**, 2660 (1998).
- (3) 色素拡散法  
T.R.Hebner *et al.*, Appl. Phys. Lett., **73**, 1775 (1998).

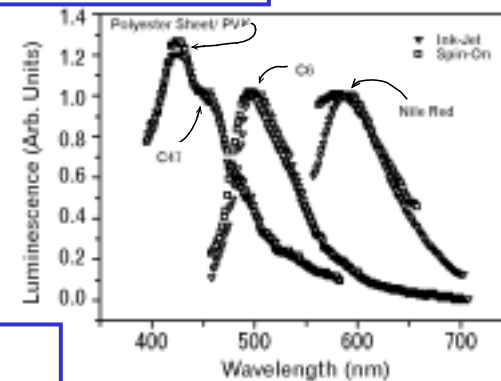
## 【インクジェットプリント法(1) – D-IJP法】

### Ink-jet Printing of Doped Polymers for Organic Light Emitting Devices

T.R.Hebner, C.C.Wu, D.Marcy, M.H.Lu, and J.C.Strum  
(Princeton University)

- ドープされたポリマの直接インクジェット印刷
- ホストポリマ PVCz 色素 C6、C47、nile red
- 三色発光
- 発光輝度 スピンコートの1/2程度

Appl. Phys. Lett., **72**, 519 (1998).

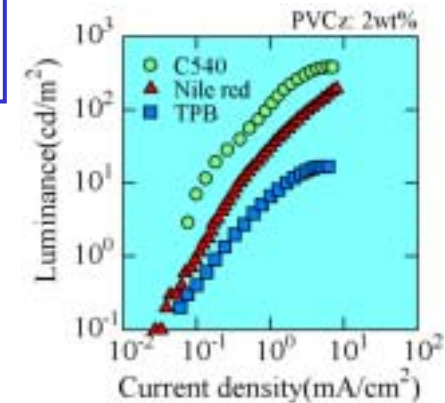


### Ink-jet Printed Organic Electroluminescent Devices

K.Yoshimori, S.Naka, M.Shibata, H.Okada and H.Onnagawa  
(富山大学)

- D-IJPによる連続膜を有するデバイスの報告
- isopropyl alcoholの混入による均一性向上
- 最高輝度  $380\text{cd/m}^2$  (C540色素デバイス)

Proc.18th.IDRC, 213 (1998).





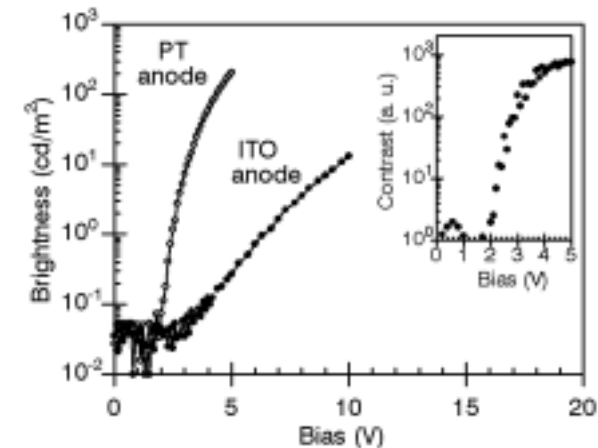
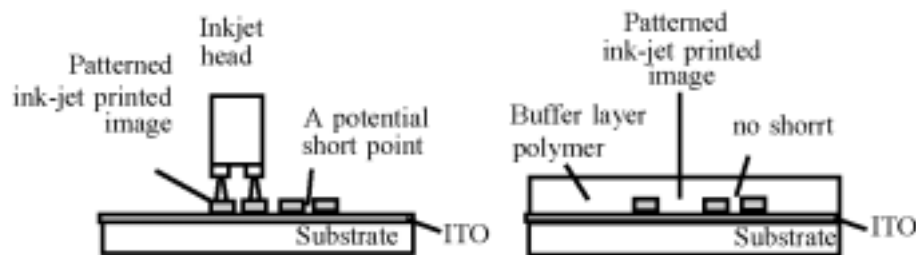
## 【インクジェットプリント法(2) - Hybrid IJP法】

### Polymer Electroluminescent Devices Processed by Inkjet Printing:

#### I. Polymer Light-Emitting Logo

J. Bharathan and Y. Yang (University of California-Los Angeles)

- ・ 導電性ポリマバッファ層を印刷し、その部分が低電圧で発光することを利用してロゴ表示する。
- ・ 低電圧発光部 ITO/polyethylenedioxy thiophene (PEDOT)/MEH-PPV/Ca
- ・ 高電圧発光部 ITO/MEH-PPV/Ca
- ・ コントラスト比  $\sim 700:1$  (@5V)



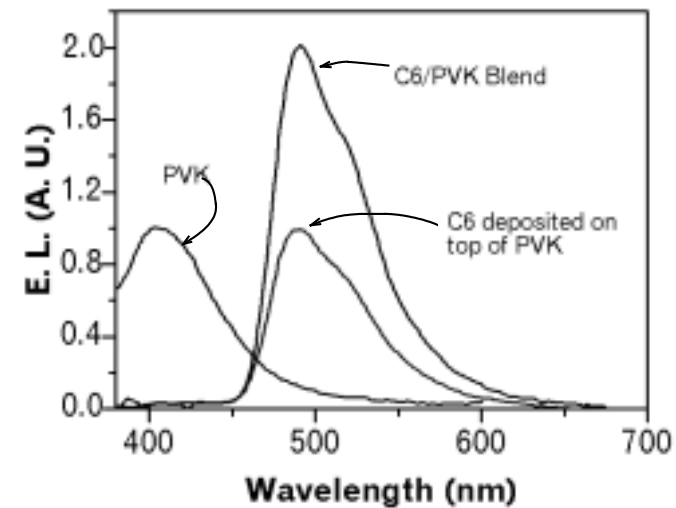
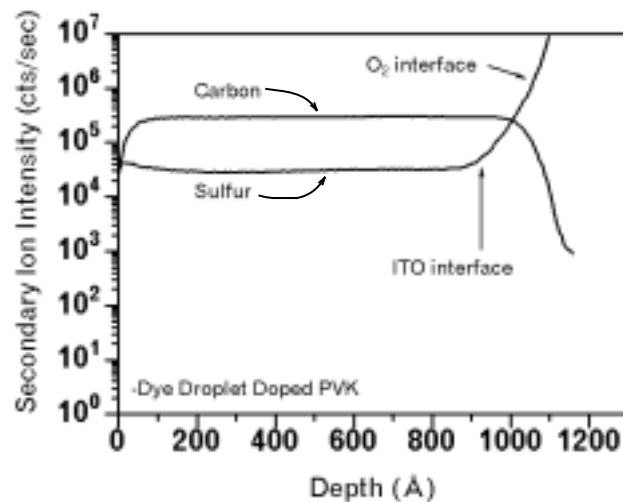
Appl. Phys. Lett., **72**, 2660 (1998).

## 【インクジェットプリント法(3) – 色素拡散法】

### Local Tuning of Organic Light-Emitting Diode Color by Dye Droplet Application

T.R.Hebner and J.C.Strum  
(Princeton University)

- 色素含有液滴をIJP法で印刷し、発光色を変化させる方法



Appl. Phys. Lett., **73**, 1775 (1998).

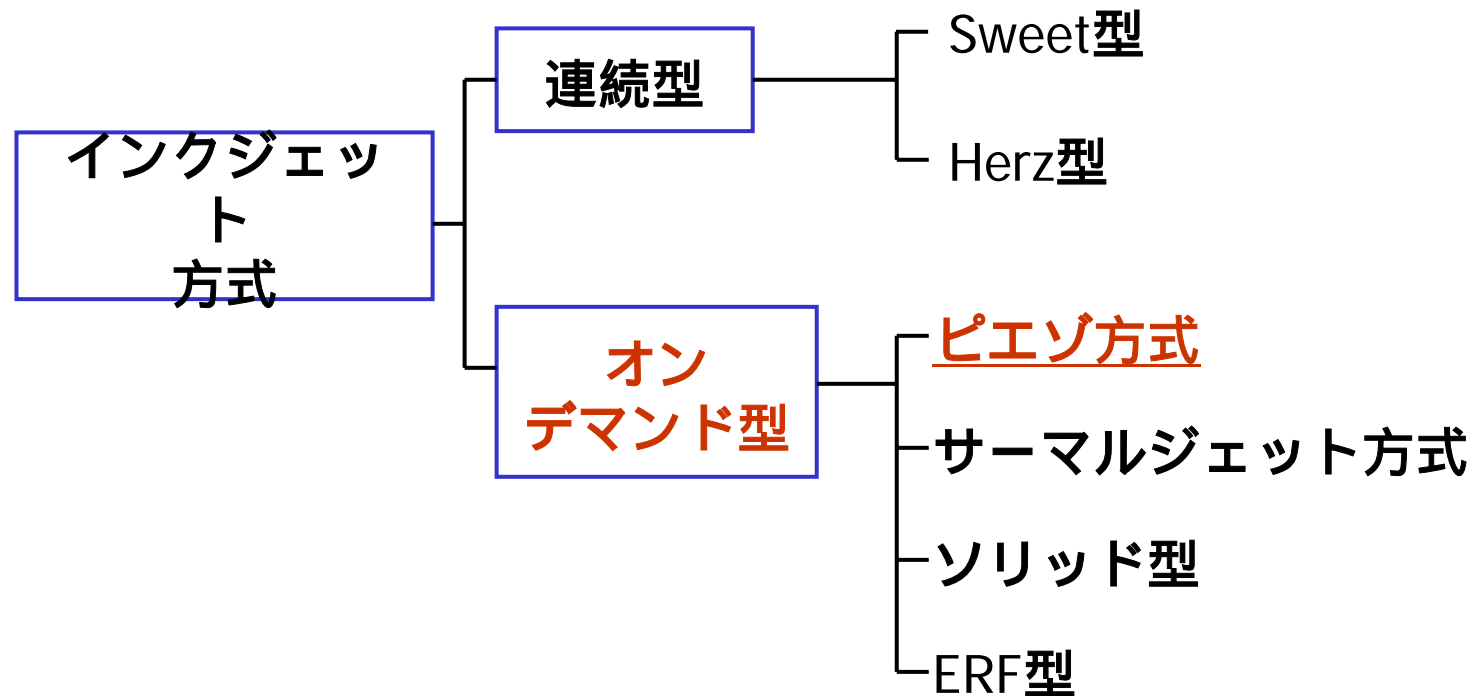
## 【各種製造プロセス要因と特徴】

プロセス要因	蒸着法	各種新方式								
		スピンコート	スクリーン	MG	拡散	スタンプ	スプレイペイント	スリットコート	気相成長	IJP
タクトタイム	△	○	○	○	△	○	○	○	△	○
材料利用率	×	△	○	○	△	○	○	○	△	○
膜厚制御・均一性	○	○	△	△	△	○	○	○	△	△
高精細フルカラー化	△	△※2	○	△	△	×※3	△	△※2	○	○
大面積対応	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○
発光特性	◎	○	△	○	△	○	○	○	?	○
信頼性 ※1	○	△	△	△	△	×※3	△	△	?	△

※1 蒸着法を基準 ※2 リソグラフィの併用 ※3 方法に依存

溶液系の方式は、溶媒使用上の工夫が必要

## 【インクジェット方式の分類】

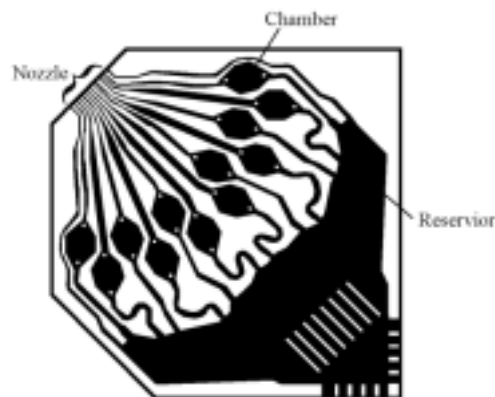


(Ref.) 清弘: 「インクジェット技術の基礎と応用」, トリケップス技術資料  
(2003).

## 【ピエゾ方式の一例】

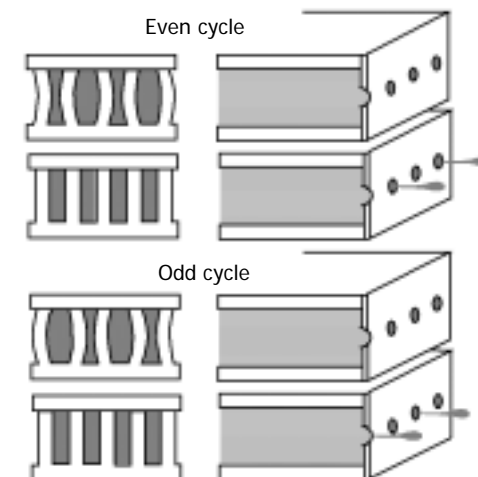
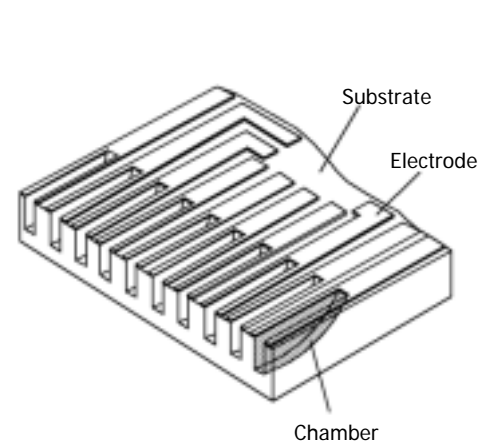
- **Unimolf型**

チャンバ両側のピエゾ素子で  
圧力波を発生しインクを塗出



- **Zaar型**

チャンバ側壁を湾曲させインクを塗出



【今回紹介する使用ヘッド】

EPSON製 HG-2000

ブラザー工業製

## 【インクジェット条件】

### ノズル

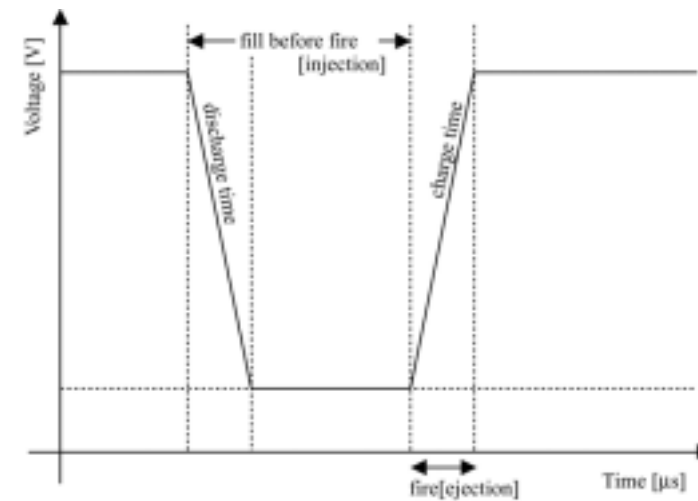
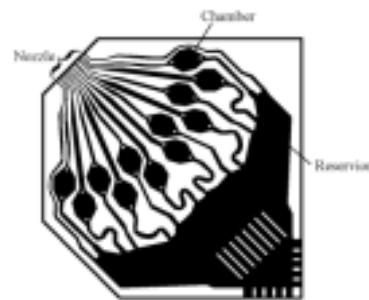
- ・ 型
- ・ サイズ
- ・ 間隔

### インク

- ・ インク量
- ・ 粘度

### 印加波形

- ・ 電圧
- ・ 周波数
- ・ 波形形状



## 【インク条件】

- インク
- ・インク量 数～数10 pℓ
  - ・粘度 数～10 cp程度
  - ・乾燥速度

C6/PVCz 室温 <30 秒 ドロップ径が一定  
>30 秒 ドロップ径の減少  
40 >70 秒 ドロップ径の減少

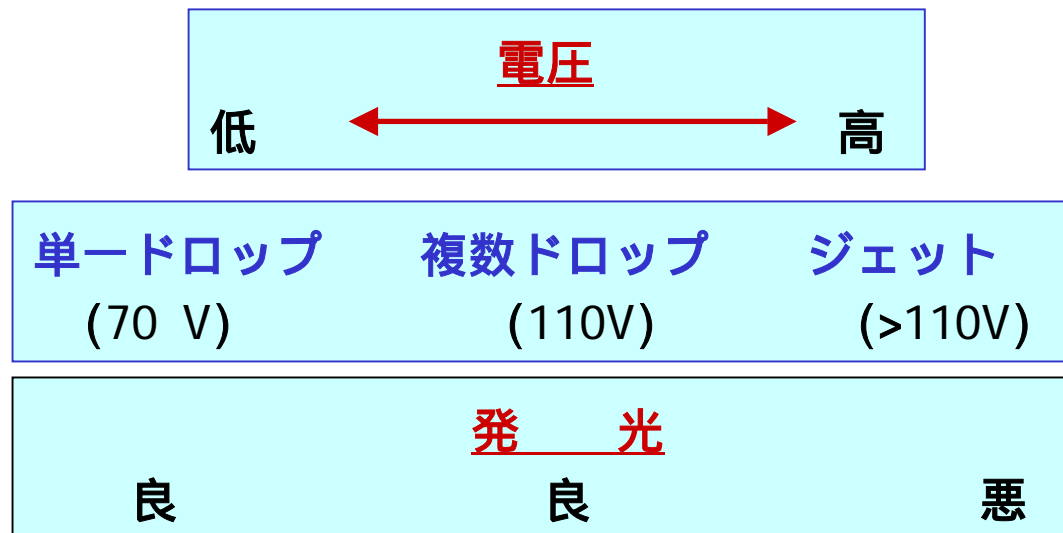
溶媒 クロロベンゼンが粘性の関係で良い

均一性 PVCz+アセトン フラットな膜  
PVCz+DVD+アセトン 不均一  
PVCz上へのDMSO:C6 非常に良好

J. C. Strum *et al.*, Mat. Res. Soc. Spring Meet., S4.1 (2000).

## 【ドロップレット形成(1)】

### ドロップレットと電圧依存



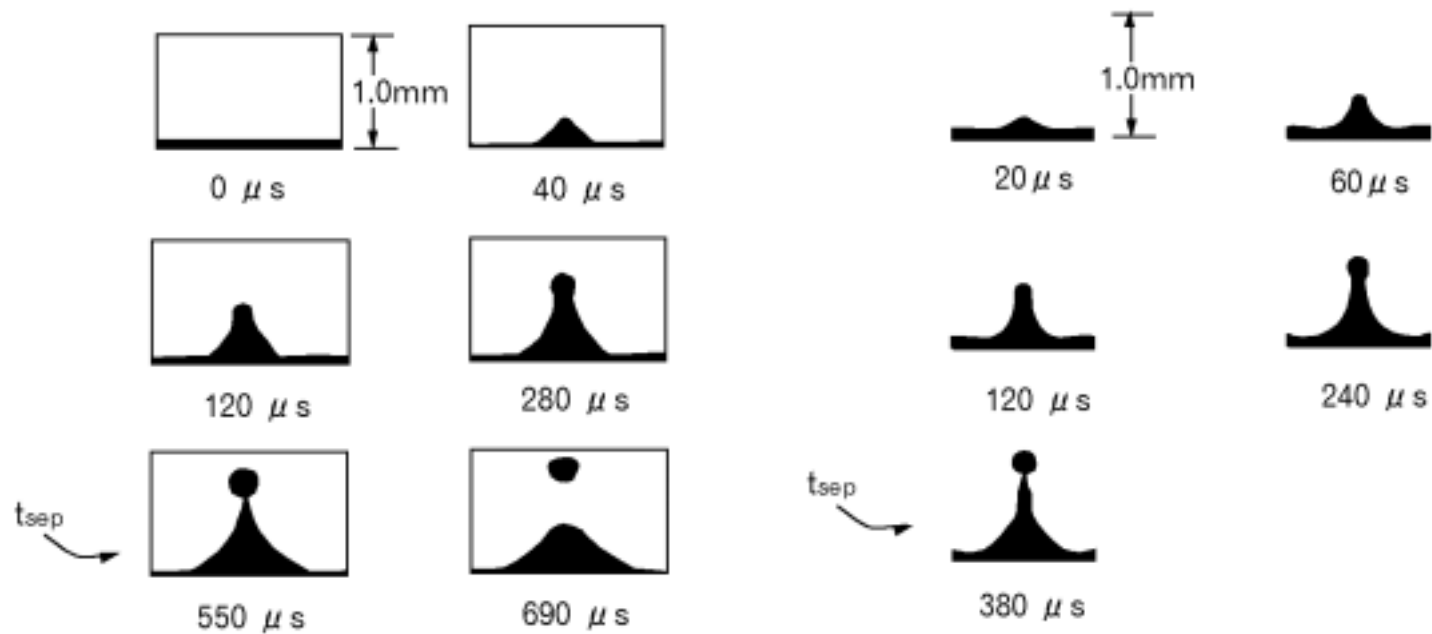
[条件] ノズル径 50  $\mu\text{m}$ 、溶液量 25  $\mu\text{l}$

J. C. Strum *et al.*, Mat. Res. Soc. Spring Meet., S4.1 (2000).



## 【ドロップレット形成(2)】

### ドロップレットの比較



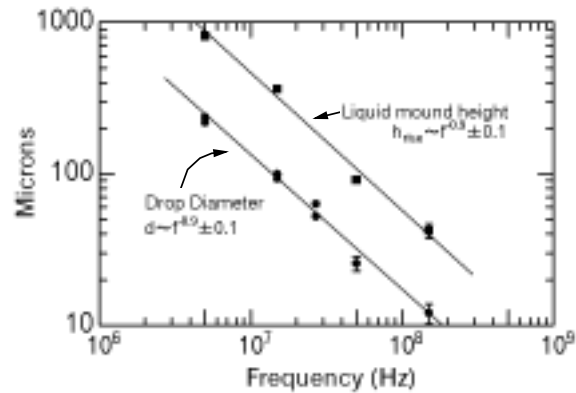
実験(イメージ映像)

計算

S. A. Elrod, J. Appl. Phys., **65(9)**, 3441 (1989).

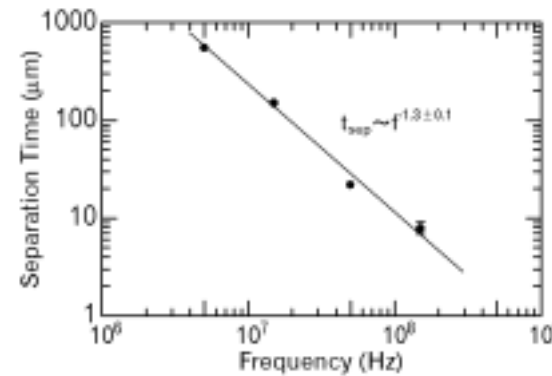
## 【ドロップレット形成条件(3)】

(周波数 - 液滴径)



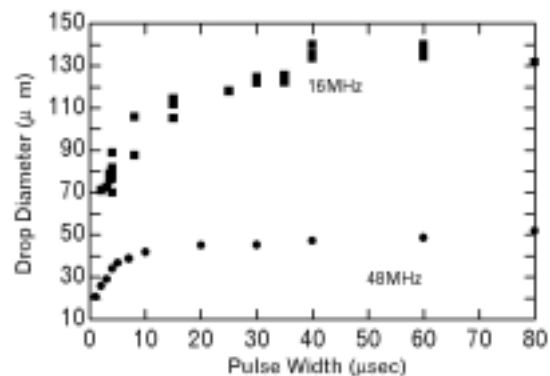
周波数に  
反比例

(周波数 - 離脱時間)



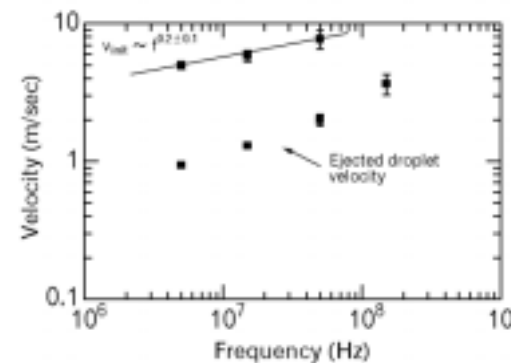
周波数に  
反比例

(パルス幅 - 液滴径)



幅の増加で、  
径が増大し  
飽和する

(周波数 - 速度)



速度 5 m/s 程度  
滞空時間 200 $\mu\text{s}$

S. A. Elrod, J. Appl. Phys., **65(9)**, 3441 (1989).

## 【自由エネルギーと膜形成について】

### 膜形成過程での自由エネルギーの変化

$$\Delta F = F_0 - F_s = \pi d^2 \left[ 1 - \frac{3}{4} \sqrt{\frac{\gamma}{\rho}} \right] \rho_{LG}$$

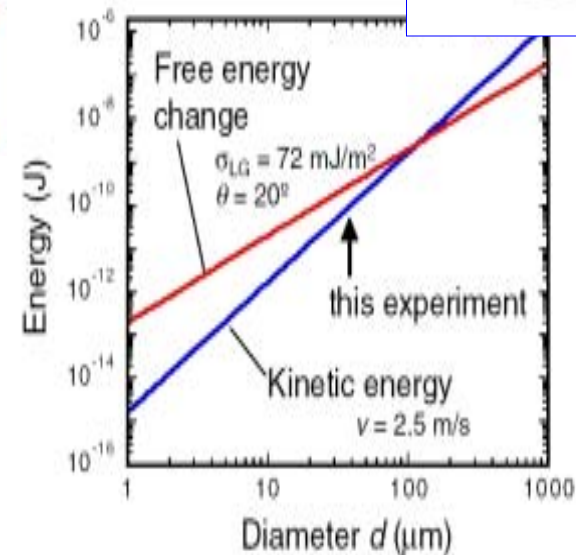
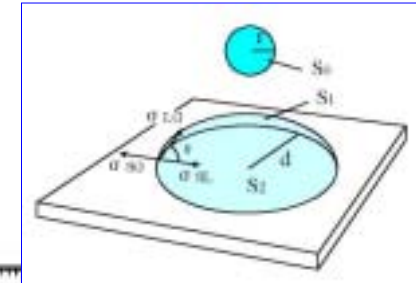
- $F_0$  : 球の自由エネルギー
- $F_s$  : 半球の自由エネルギー
- $\rho_{LG}$  : 表面張力
- $d$  : ドロップ径
- $\theta$  : 接触角

$$\gamma = (2 + \cos \theta)(1 - \cos \theta)^2$$

自由エネルギー変化の方が大



基板の上に、転がることなく堆積できる



(Ref.) T. Kawase *et al.*, SID 01 Digest, 6.1 (2001).

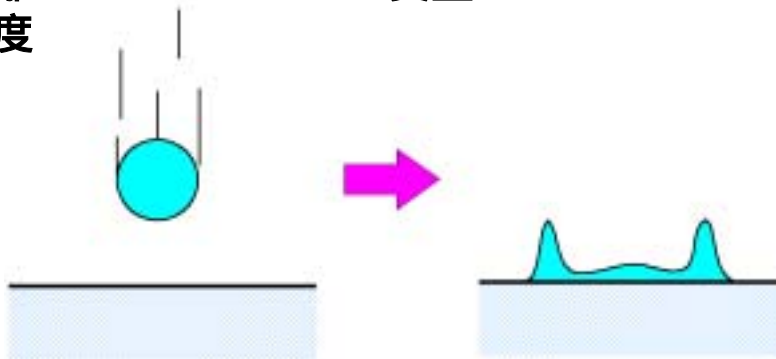
## 【運動エネルギーの考察】

### 液滴の運動エネルギー

$$W = Fs = \frac{1}{2}mv^2$$

W : 運動エネルギー  
S : 距離  
V : 速度

F : 力  
m : 質量



### 熱量

$$Q = mc\Delta T$$

m : 質量  
 $\Delta T$  : 温度上昇

c : 比熱

### 条件

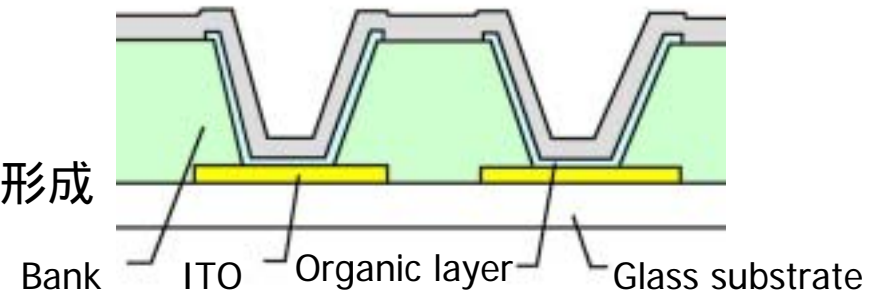
比重 : 1.25    液量 : 10pℓ  
比熱 : 1        速度 : 5m/s

全運動エネルギーが熱エネルギーに変換したとして、  
12.5 の温度上昇

## 【インクジェット法による膜形成】

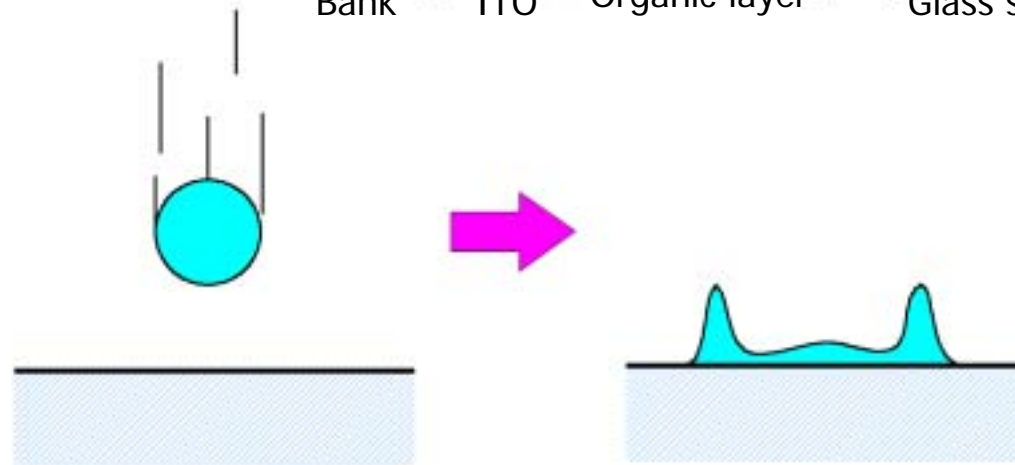
### 膜形成方法

- (1) 連続膜形成
- (2) Bankを利用したドット形成



### 膜形成状態

高速のインクが基板  
と衝突し、乾燥フロー  
により形状変形



インクジェットプリント法は、膜厚均一性の確保が難しい！

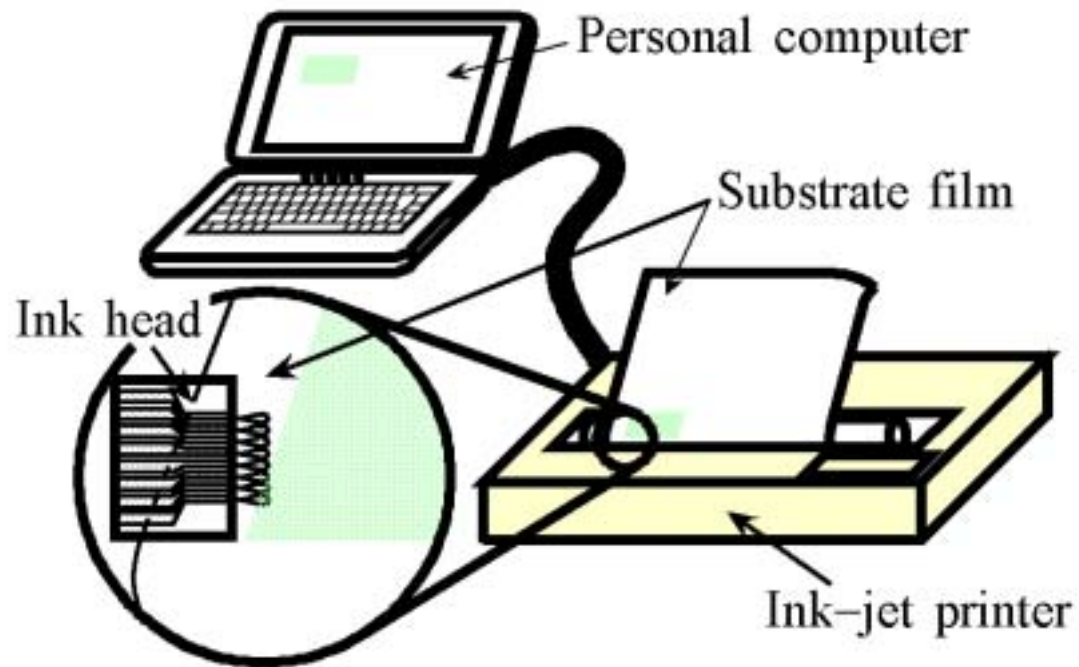
## 【講演内容】

- ・ 有機 E L 素子の背景
- ・ 有機 E L 素子の基礎
- ・ I J P 法とプロセス条件
- ・ **インクジェット法による有機 E L 素子**
- ・ 自己整合隔壁デバイス - 簡単、高歩留のプロセス
- ・ トップエミッション自己整合有機 E L 素子
- ・ 有機デバイスの新展開

## ・インクジェット法による 有機EL素子

- ・大榮他, 平成15年春季応物, 27p-A-5 (2003).
- ・佐藤他, 平成15年秋季応物, 31p-YL-10 (2003).
- ・大榮他, 2003年電情通ソサイアティ大会, SC-5-1 (2003).
- ・M. Ooe *et al.* , IDW'03, OEL3-4 (2003).

## 【初期に使用した装置】



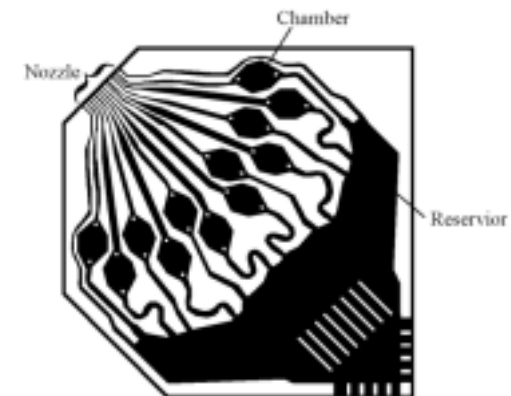
### 装置

EPSON

HG-2000を改良

解像度 180 dpi

方式 ユニモルフ型  
(12ノズル×2列)

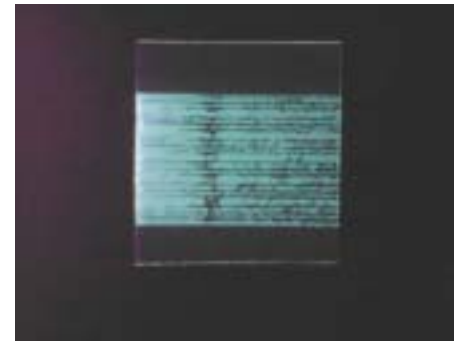




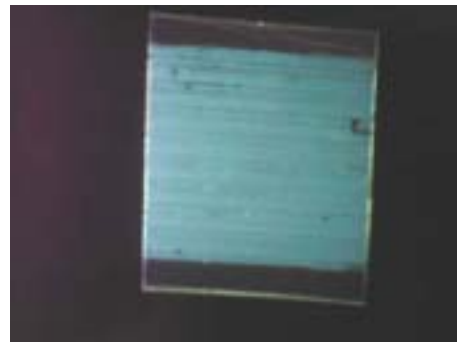
## 【溶液IPA添加効果】



0 [%]



5 [%]



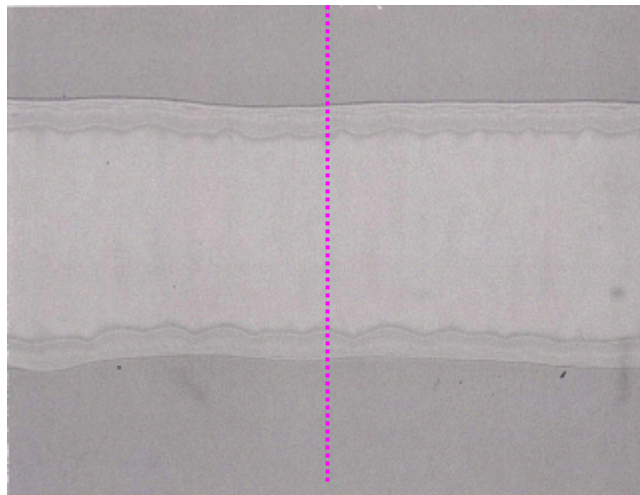
10 [%]



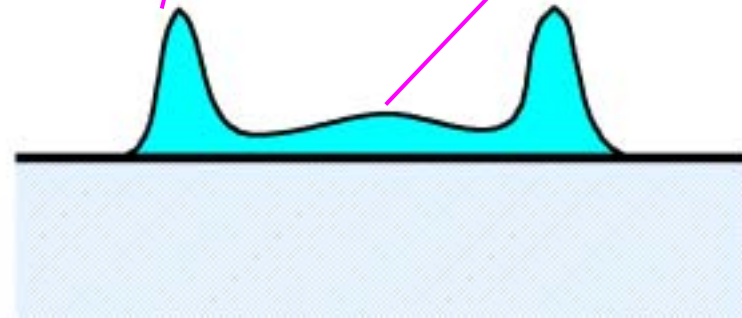
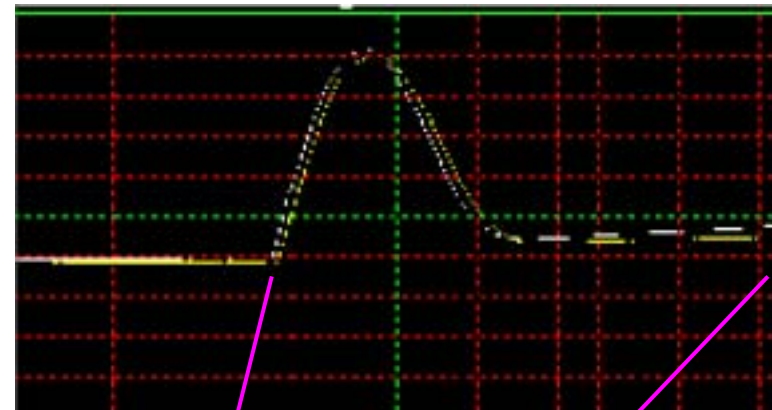
15 [%]

1,2-dichloroethane + isopropyl alcohol [IPA]

## 【最小ドットのラインとAFM観察】



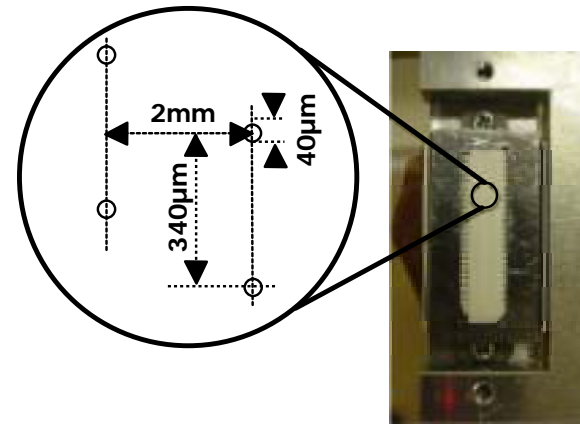
200  $\mu\text{m}$



## 【インクジェットプリント装置(2)】

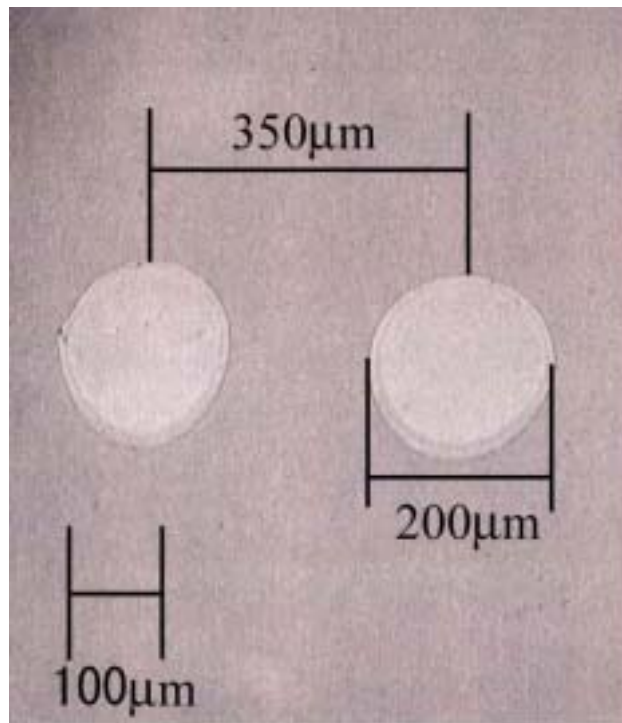


ブラザー工業(株)製

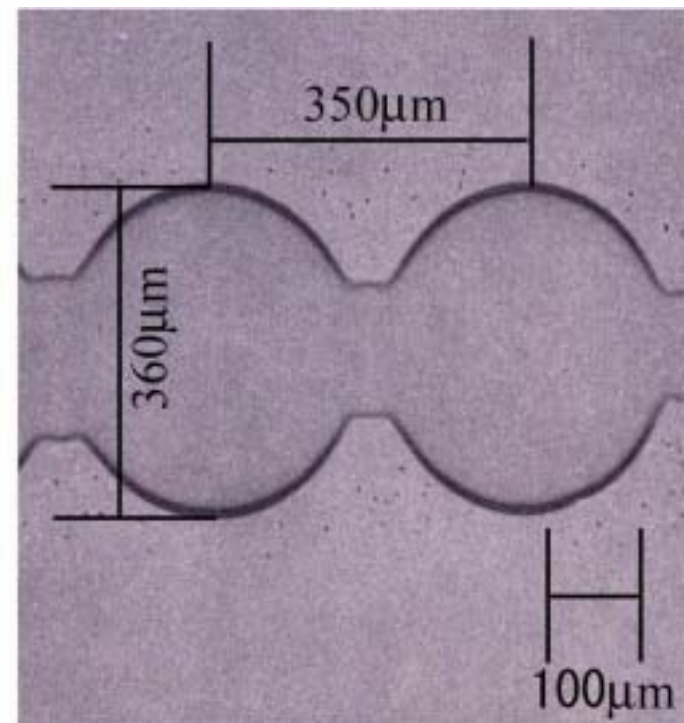


- セラミック製 ノズル128個
- ピエゾ素子駆動
- ノズル径 40 μm
- 解像度 150 dpi
- ピエゾ駆動周期 0.1 ~ 1 kHz
- インク液滴量 50 pℓ

## 【基板表面観察 [光学顕微鏡]

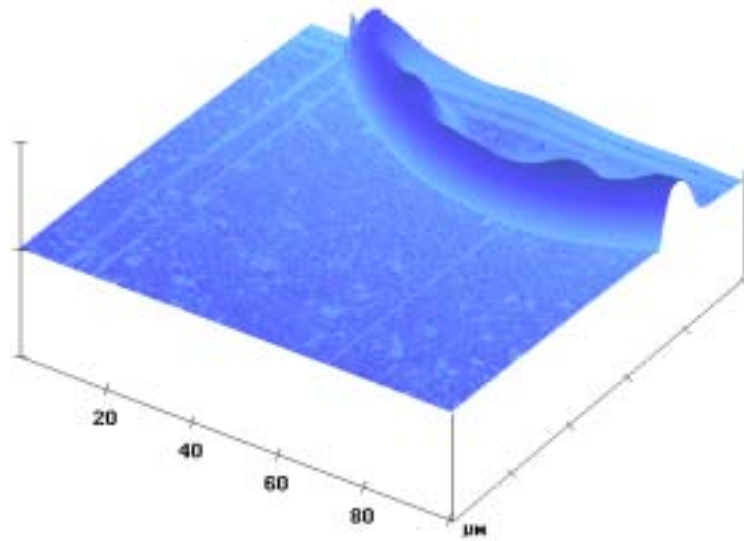


1,2-dichloroethane (2wt%)  
PVCz+BND



tetralin (2wt%)  
PVCz+BND+C6+DCM

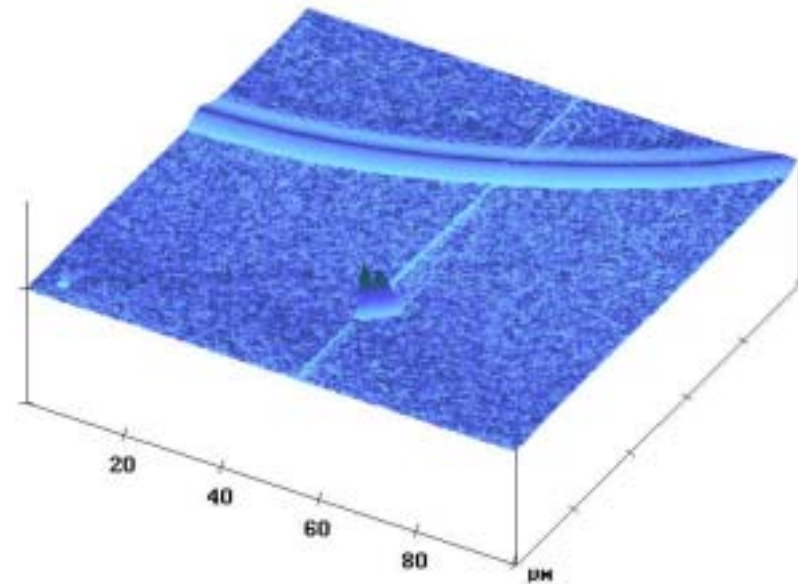
## 【基板表面観察 [AFM]



1,2-dichloroethane (2 wt%)

エッジの高さ : 364 nm

エッジの幅 : 18  $\mu\text{m}$



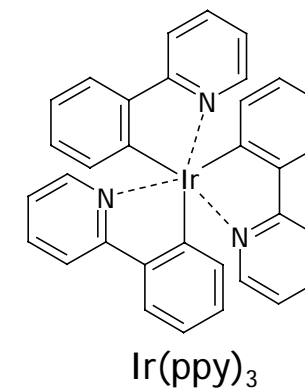
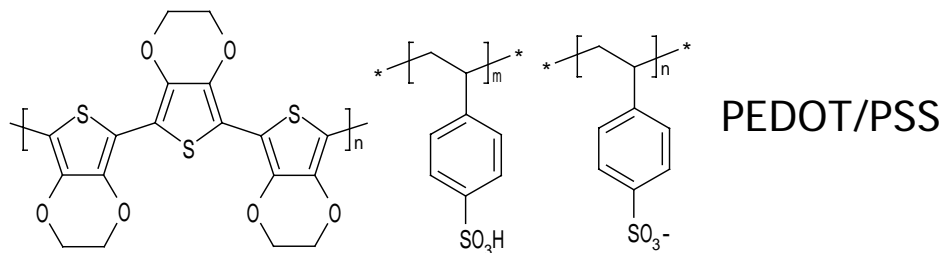
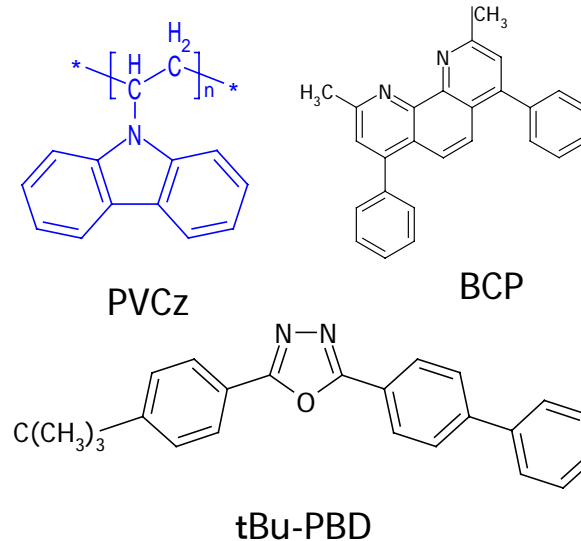
tetralin (2 wt%)

エッジの高さ : 81 nm

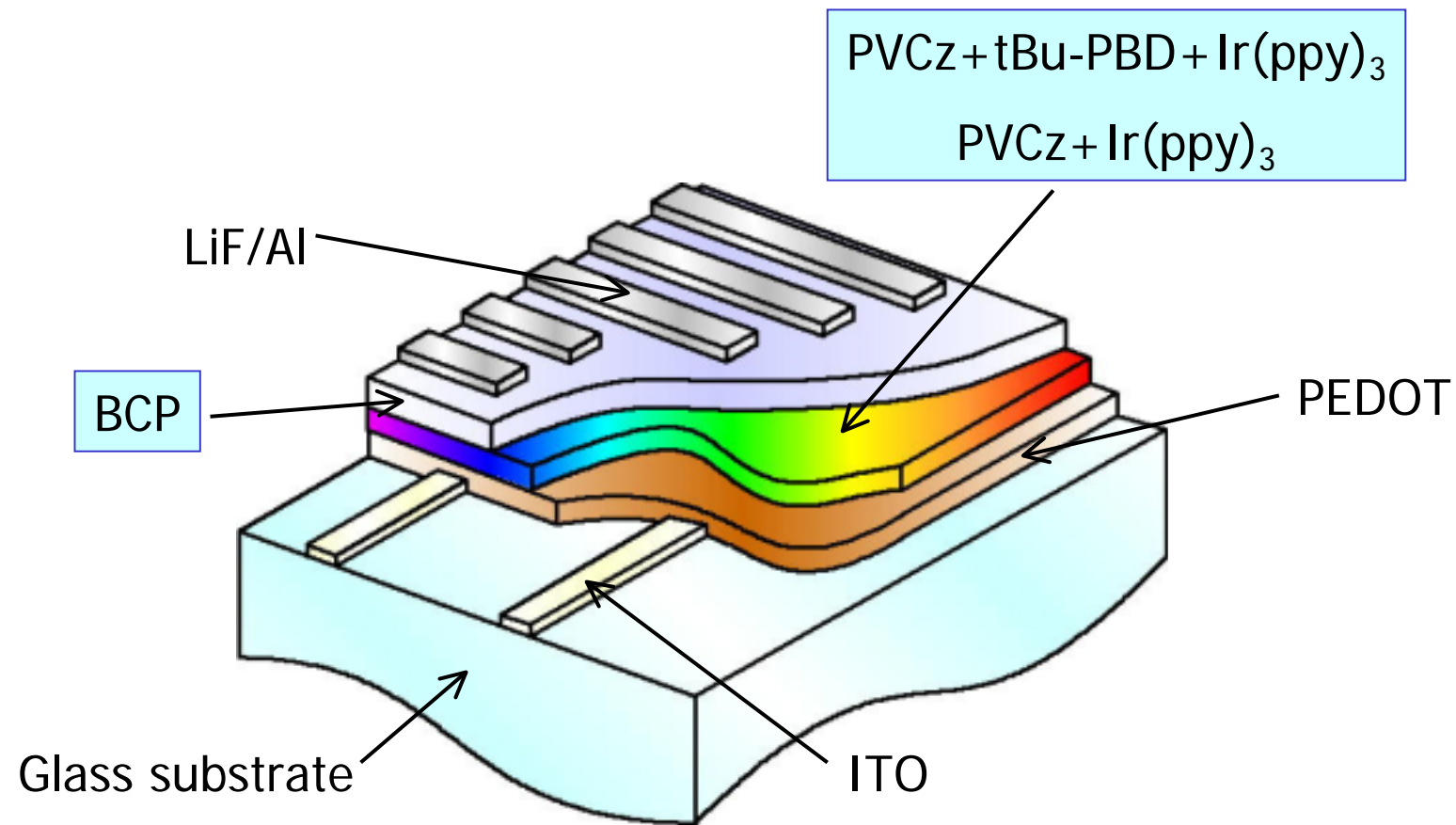
エッジの幅 : 12  $\mu\text{m}$

## 【インク(発光ポリマー溶液) 材料】

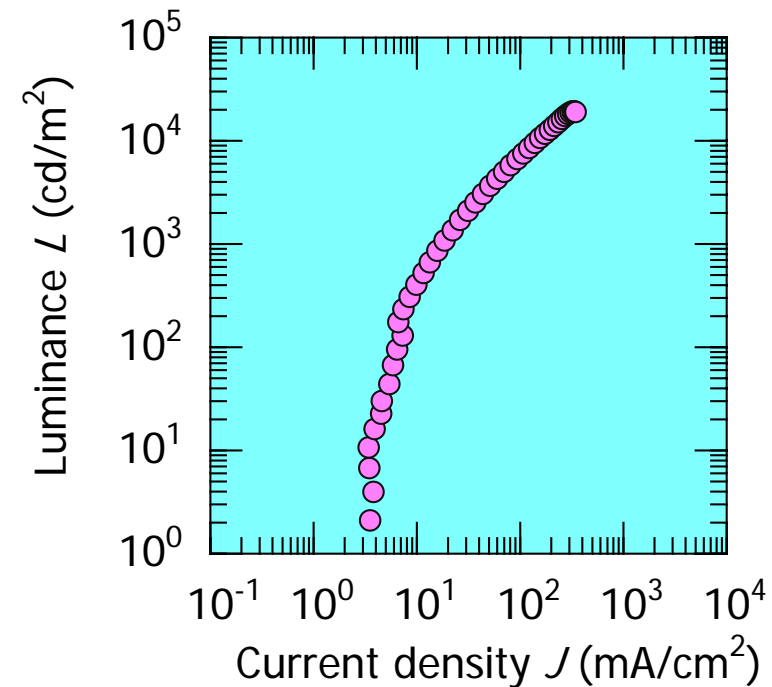
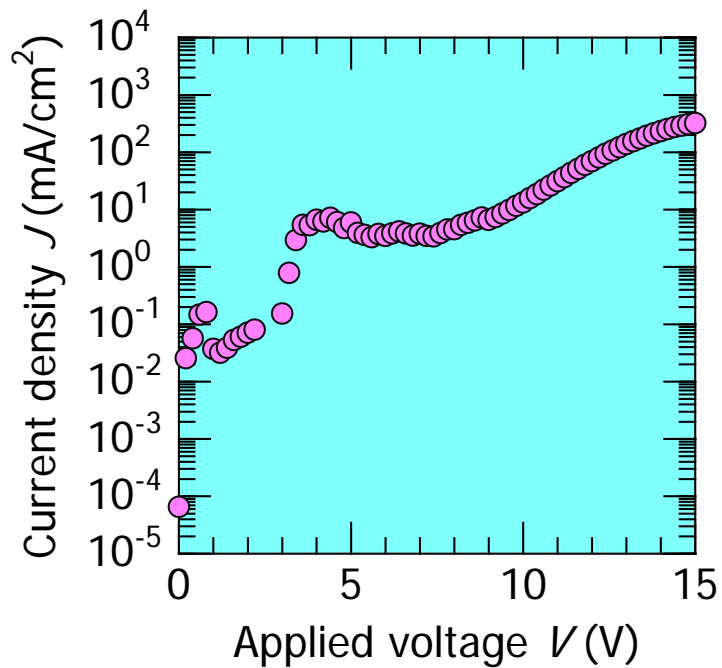
- ホスト
  - Poly(9-vinylcarbazole) [PVCz]
- 電子輸送材料 (主に使用)
  - 2-(4'-tert-Butylphenyl)-5-(4''-biphenyl)-1,3,4-oxadiazole [tBu-PBD]
- ホールブロック材料
  - Bathocuproine [BCP]
- りん光材料
  - tris(2-phenylpyridine)iridium [Ir(ppy)<sub>3</sub>]
- 導電性高分子
  - poly(ethylenedioxythiophene)/poly(styrenesulfonate) [PEDOT] (Bayer Baytron P)



## 【ホールブロック層を持つ素子構造】



## 【デバイス特性例： $J$ - $V$ 、 $L$ - $J$ 特性】

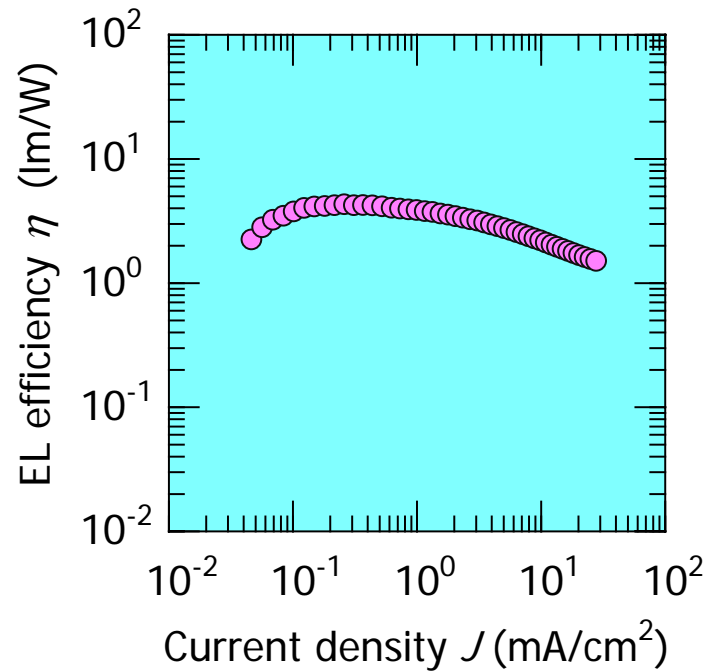


PVCz : tBu-PBD : Ir(ppy)<sub>3</sub> = 160:40:10  
ITO/PEDOT/EL/BCP(20 nm)/LiF(1 nm)/Al

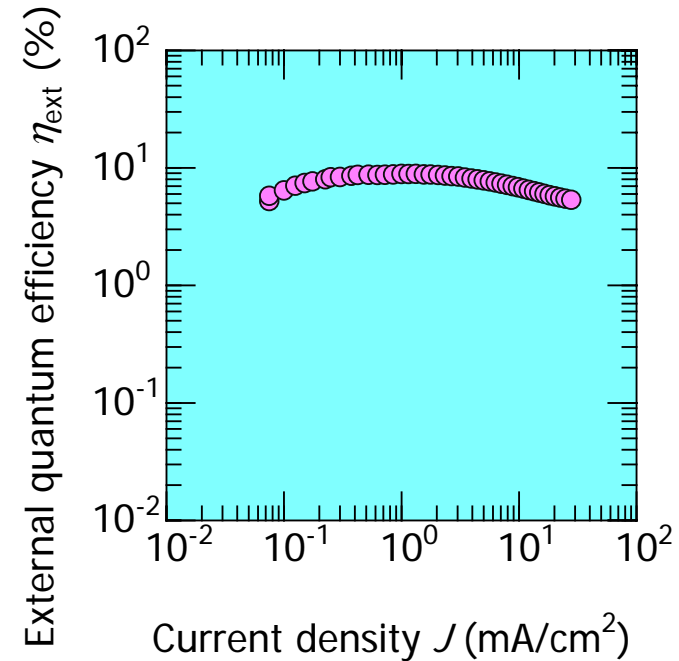
最高輝度 18,900 cd/m<sup>2</sup>



## 【デバイス特性例： 効率 特性】



電力効率 4.3 lm/W



外部量子効率 8.9%

PVCz : tBu-PBD : Ir(ppy)<sub>3</sub> = 160:40:10 ITO/PEDOT/EL/BCP(50 nm)/LiF(1 nm)/Al

## 【IVのまとめ】

インクジェットプリント法を用いた有機EL素子を検討した

### 塗布溶液

混合による基板ぬれ性、乾燥性が変化  
連続塗出で重ね塗り可能

### デバイス特性

最高輝度 **18,900** cd/m<sup>2</sup>

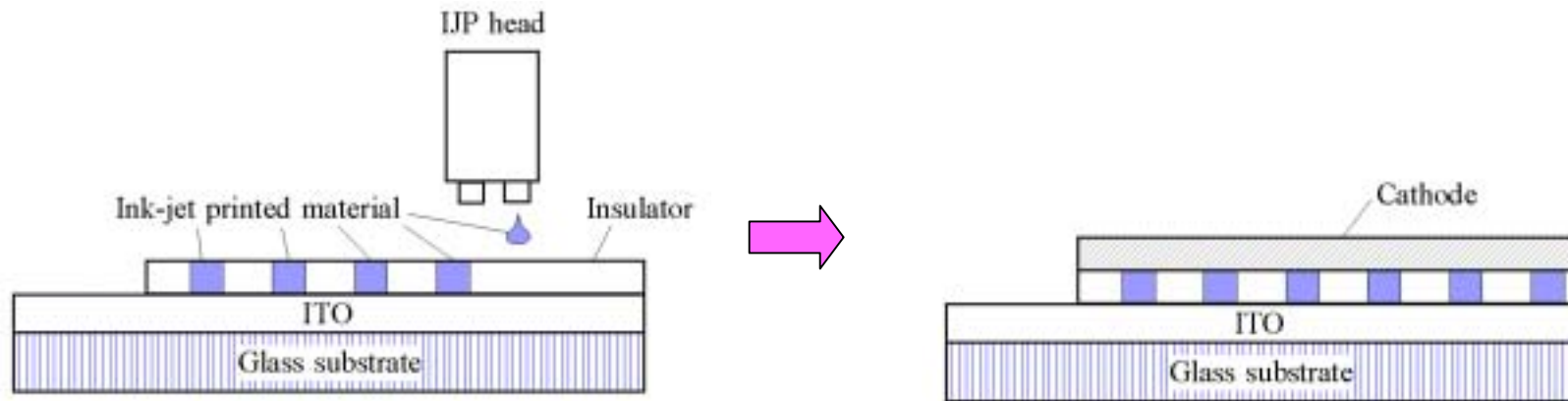
EL効率 **4.3** lm/W

外部量子効率 **8.9** %

## 【講演内容】

- ・ 有機 E L 素子の背景
- ・ 有機 E L 素子の基礎
- ・ I J P 法とプロセス条件
- ・ インクジェット法による有機 E L 素子
- ・ 自己整合隔壁デバイス - 簡単、高歩留のプロセス
- ・ トップエミッション自己整合有機 E L 素子
- ・ 有機デバイスの新展開

## 【IJPによる自己整合隔壁デバイス】

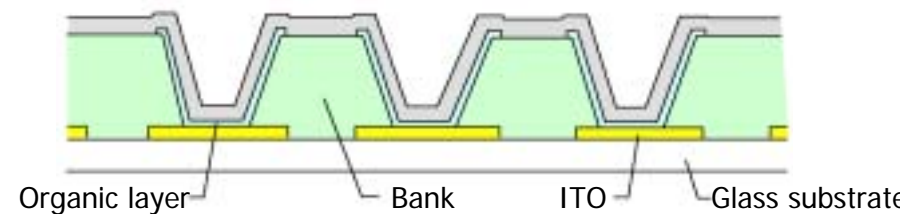


有機材料を含むインクを用い、自己整合的に隔壁形成

### 特徴

- (1) プロセスが簡略
  - ・バンク不要
  - ・位置合せ不要
- (2) 歩留り向上
  - ・バンクとのずれが無い
- (3) 自由な塗り分け
  - ・自由に多色ドットを形成可能
- (4) 高効率化の期待
  - ・高屈折率インクによる光閉込

### バンク形成の例



---

## 【材料系の検討 — 高分子系と低分子系の比較】

### 高分子材料系

溶媒に**溶けやすい**

精製が難しい

鎖長、形状の制御が難しい → 特性の不均一化

色再現性に乏しい

素子寿命が短い

### 低分子材料系

溶媒に**溶けにくい**

高純度材料を得やすい(精製、構造)

高輝度、高効率

色再現性が大きい

素子寿命が長い

## 【低分子材料系の溶解性】

	Material	chloroform	tetrahydrofuran	Tetralin	1,2-dichloroethane	ethyl lactate	mesitylene
ETL	Alq3	x	x	x	x		
	BCP	○	x	○	△	x	
	BND	○	○	○	○		
	BPhen	○	x		○	○	
	CBP	○	△		△	x	
	PyPySPyPy	○	○	○	○	x	
	tBu-PBD	○	○	○	○	○	
HTL	TPD	○	○	○	○	x	○
	α-NPD	x	x	○	x		
	TAPC	○		○			
	PVCz	○	○	○	○		
EM	C6	○	○	○	○		○
	Ir(ppy)3	△	△		△	x	
	FIrpic	○		○			
	(btp) <sub>2</sub> Ir(acac)	○		○			
	Ir(tpy)3	○	○	○			
	DCJTb	○		○			
Insulator	PMMA	○	○	x			
	Cyclolefin	△	x	○			
	PVP		○				
	Cyanoresin		△				
PD & Organic Materials	PPR	○	○	○			
	MEH-PPV	○	○	○			
	P3HT	○	○	○			
	H-2	○	○	○			
	BPPC	○	○	△			
	td-PTC	x	x	x			
	CuPc	x	x	x			
	PTCDA	x	x	x			
	BTBP	○(0.2wt%)		x			
	Fluorescein	x	○	x			
	Perylene	○(0.2wt%)	○	○(0.4wt%)			
TPD+CBP+Ir(ppy)3		○			△		
CBP+Ir(ppy)3		○			△		

○:溶解する  
△:高温で溶解または難溶  
x:不溶

濃度 1 wt%

---

## 【キーポイント – 低分子材料を使用する工夫】

### (1) トリフェニルアミン誘導体の採用

#### 非晶質化、突起・クラックの低減

- TPD蒸着膜は非晶質となる
- TPDを加熱すると、溶液状態となる
- Alq3、 tBu-PBD等、結晶化しやすい材料が有る

### (2) 加熱溶液の使用

#### 難溶性材料の溶液化

- 低分子系材料は、高分子系材料と比較して有機溶剤に溶けにくい

## 【使用材料】

### ◆正孔バッファ材料

- ◆Poly(ethylenedioxythiophene)/Poly(Styrenesulfonate)  
[PEDOT/PSS] (BAYTRON® :HG Stark)

### ◆正孔輸送材料

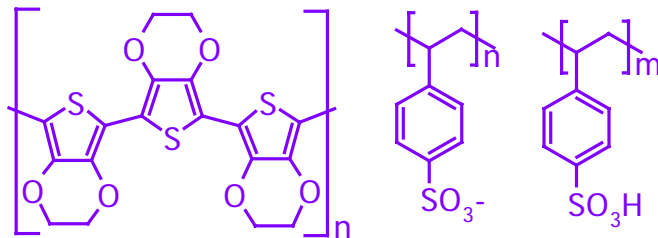
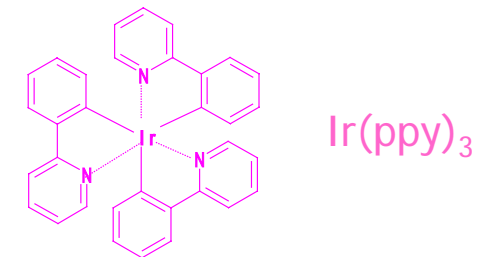
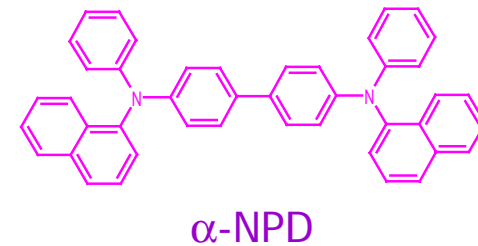
- ◆4,4'-bis[N-(1-naphtyl)-N-phenyl-amino] [ $\alpha$ -NPD]

### ◆電子輸送材料

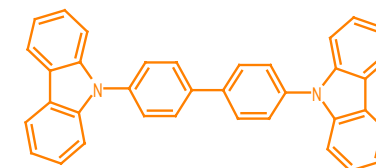
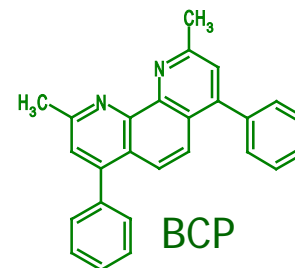
- ◆2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline [BCP]
- ◆4,4'-N,N-dicarbazole-biphenyl [CBP]

### ◆発光材料

- ◆*fac* tris(2-phenylpyridine)iridium [ $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ ]



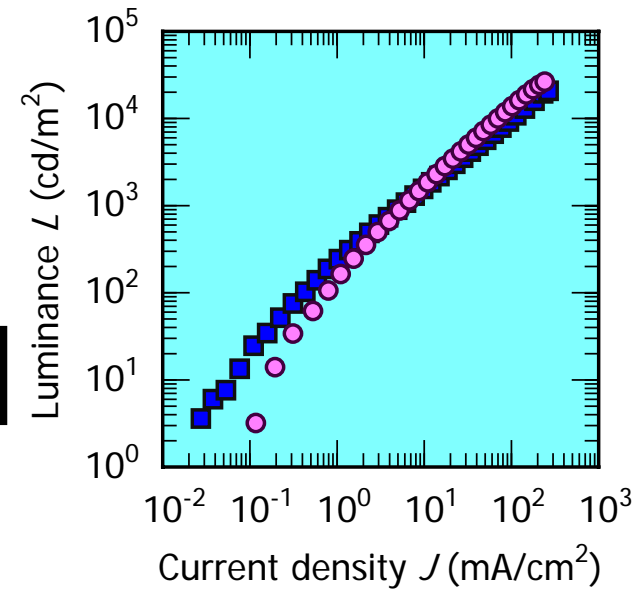
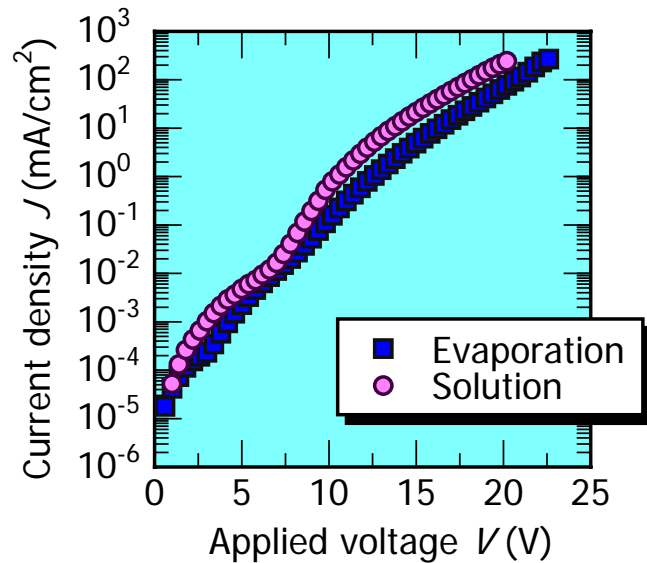
PEDOT



CBP



## 【電気的特性 — スピンコートによる確認】



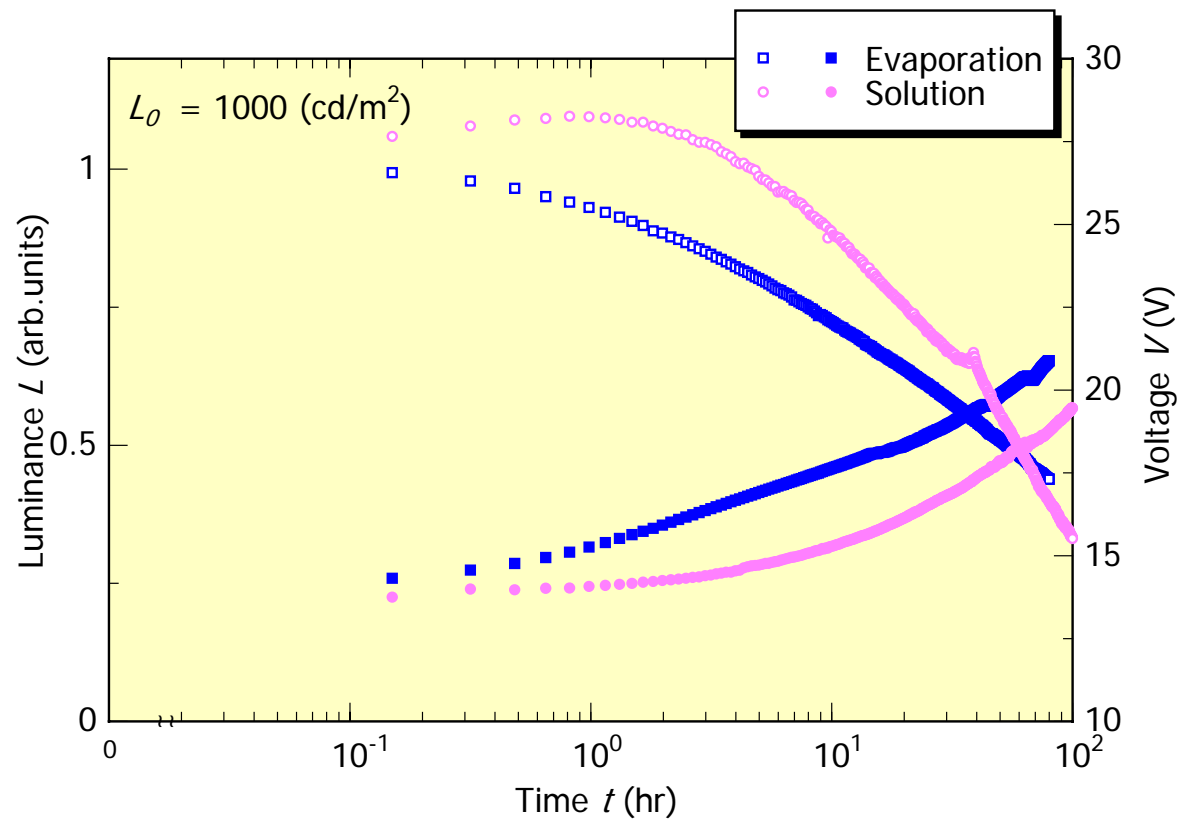
- 低電流時  
蒸着系 > 溶液系
- ◆ エッジのリーク電流

- 高電流時  
蒸着系 < 溶液系
- ◆ 材料の不均一性

➤ 溶液プロセスでは材料を均一に混合できる

Anode / PEDOT /  $\alpha$ -NPD + CBP + Ir(tpy)<sub>3</sub> / BCP(20nm) / LiF(1nm) / Al(70nm)

## 【寿命特性 —陽極の検討—】

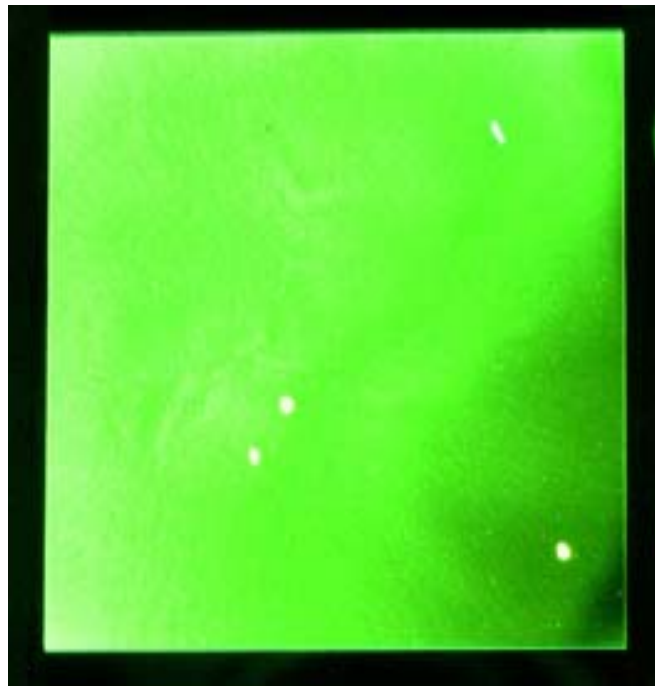


**輝度半減時間**  
Evaporation 59 hrs  
Solution 59 hrs

Anode /PEDOT/  $\alpha$ -NPD+CBP+Ir(tpy)<sub>3</sub>/BCP(20nm)/LiF(1nm)/Al(70nm)

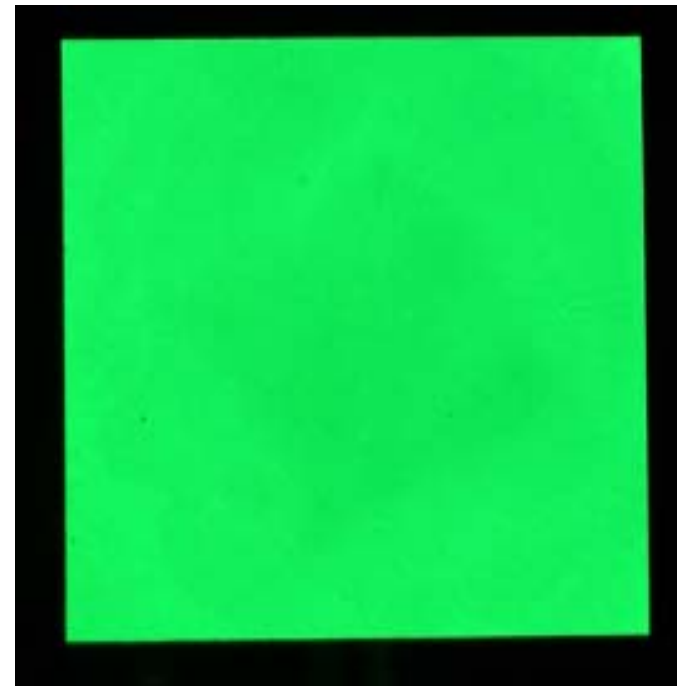
## 【高沸点溶媒の混入によるEL発光の変化】

only Chloroform



3 cm

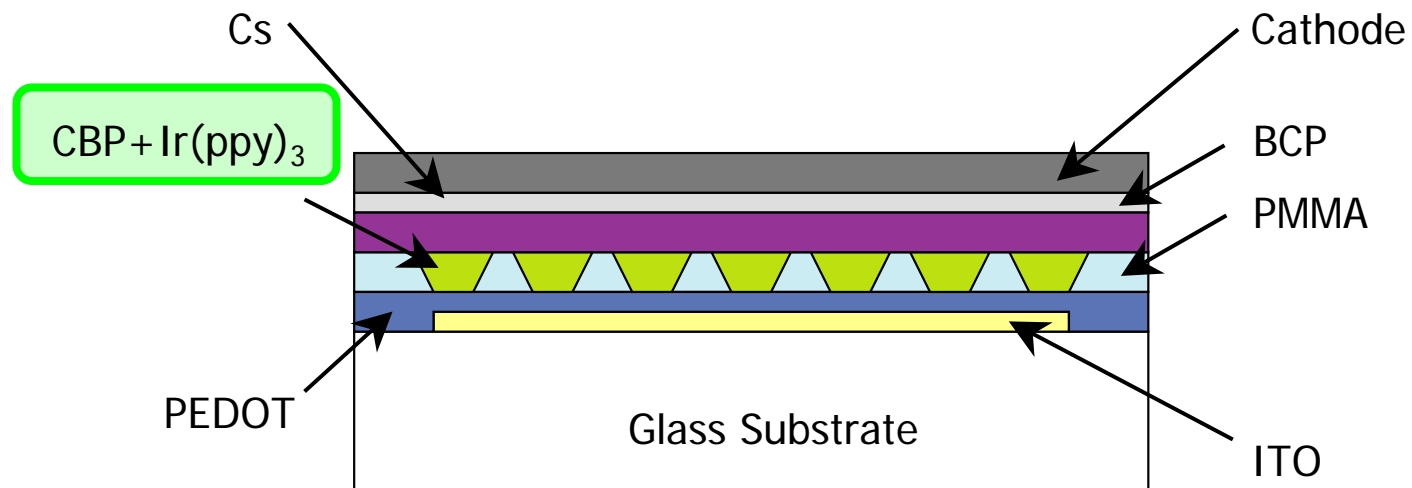
with Toluene (5%)



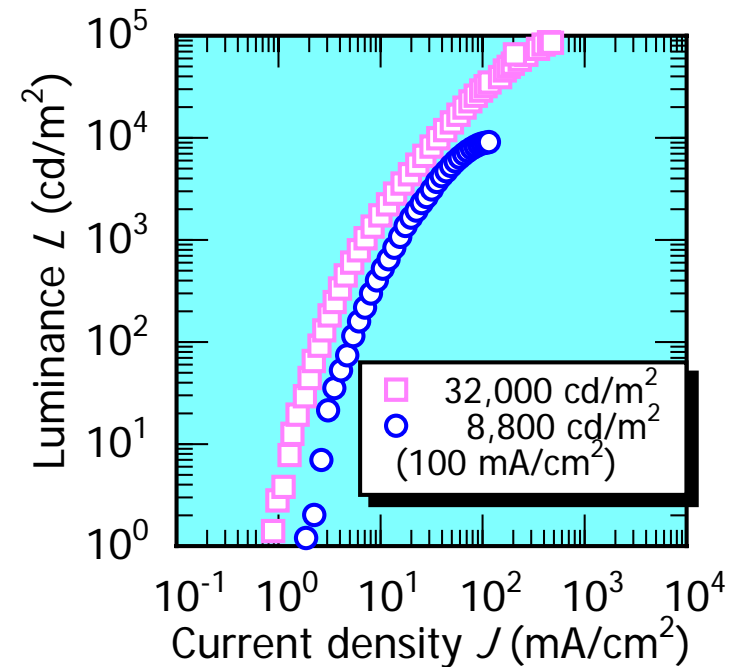
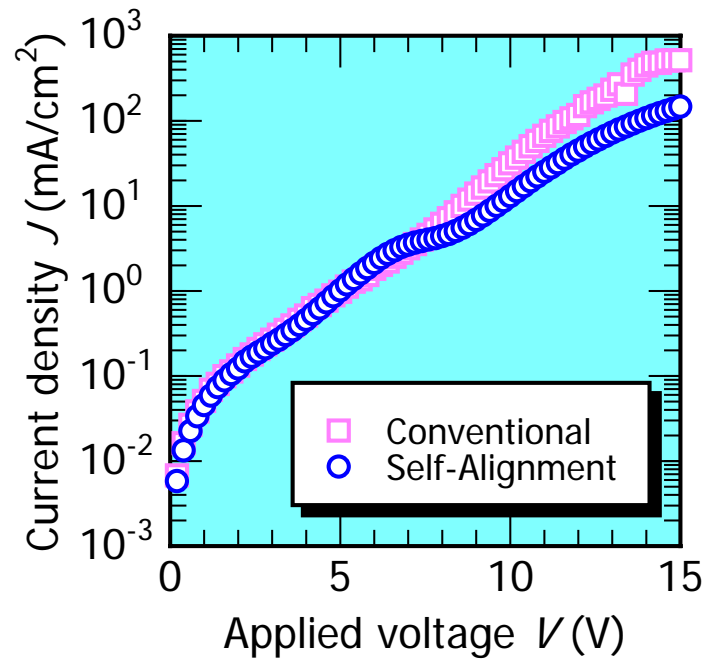
3 cm

IZO/PEDOT/  $\alpha$ -NPD+CBP+Ir(tpy)<sub>3</sub>/BCP(20nm)/LiF(1nm)/Al(70nm)

## 【自己整合デバイス構造】



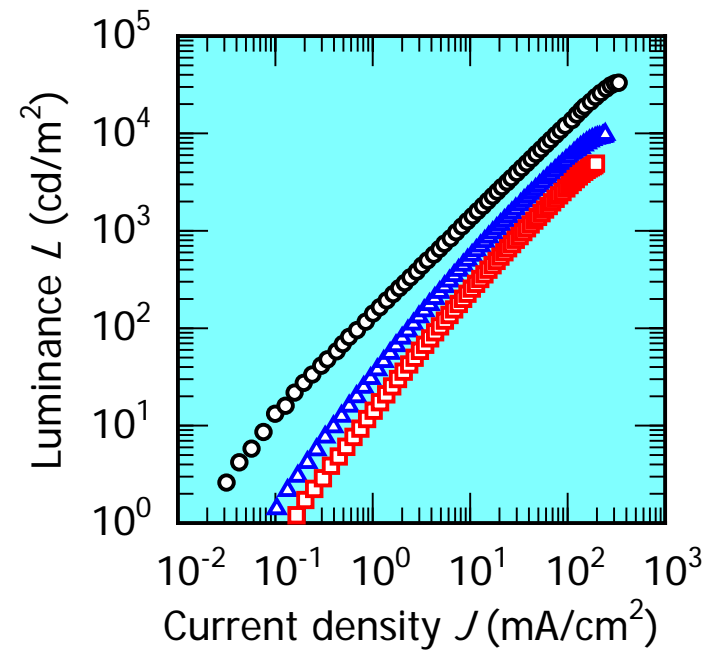
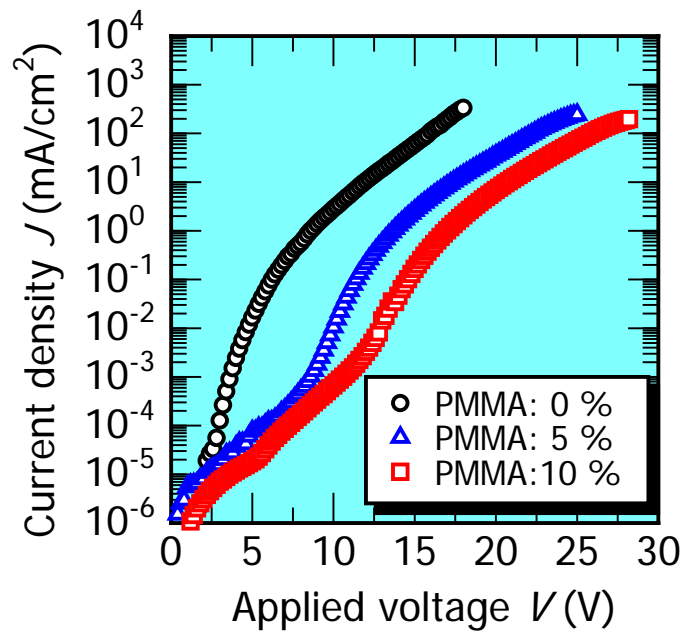
## 【通常IJP素子と自己整合素子の特性比較】



通常素子と比較し1/4の輝度

## 【特性低下についての考察】

PMMA混合状態のスピンコート法による検討

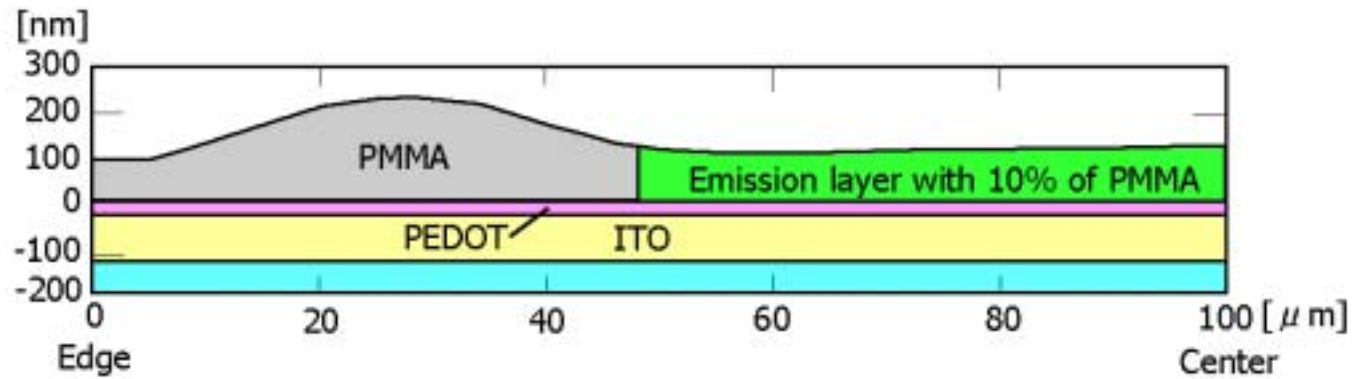


少量のPMMA混合で大幅な特性低下

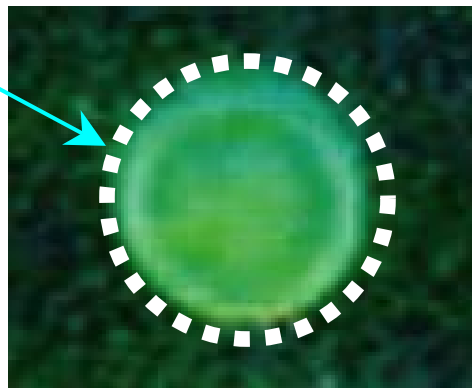


10%混合で1/4の輝度

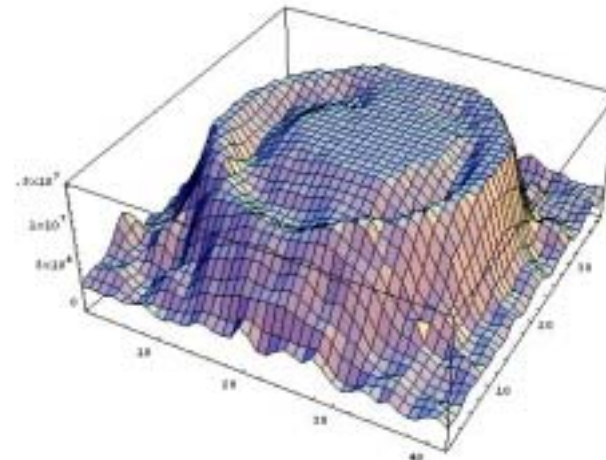
## 【材料分布モデル】



エッジ部



発光部顕微鏡観察



発光強度分布

## 【まとめ】

### 低分子系有機材料を用いた IJP法による自己整合有機EL素子を検討した

- $\alpha$ -NPD混合により結晶化の抑制が出来た。
- りん光発光素子とホールブロック層の組合せで、蒸着系と同等の素子性能を得た。
- 平坦性、陽極、溶液効果を検討し、1000 cd/m<sup>2</sup>での輝度半減時間 60 hrを得た。
- 自己整合隔壁を有する低分子系素子を作製し、輝度 9,100 cd/m<sup>2</sup>、外部量子効率 3.1 %を得た。
- 自己整合発光部でのPMMAの偏在を示した。

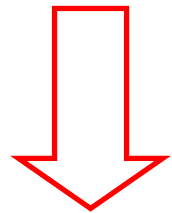


## 【講演内容】

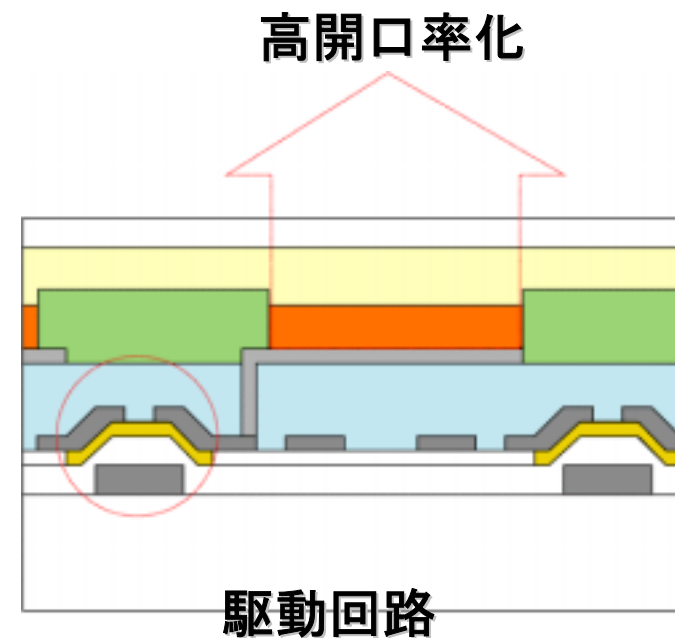
- ・ 有機 E L 素子の背景
- ・ 有機 E L 素子の基礎
- ・ I J P 法とプロセス条件
- ・ インクジェット法による有機 E L 素子
- ・ 自己整合隔壁デバイス - 簡単、高歩留のプロセス
- ・ **トップエミッション自己整合有機 E L 素子**
- ・ 有機デバイスの新展開

## 【背景】

- **高開口率**のアクティブ型パネル  
ボトムエミッションでは、アクティブ素子  
による開口率低下が問題



自己整合隔壁を有する  
トップエミッション有機EL素子



## 【検討項目 –デバイス構造の詳細–】

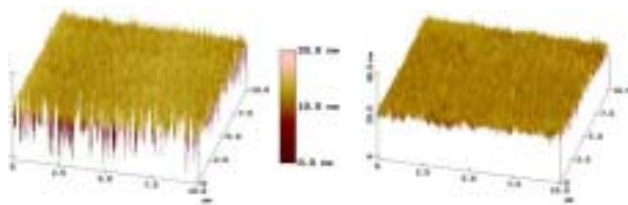
\* 宮下 他: 平成17年秋季応物、3p-ZR-4 (2004).

### ■ Ink

- tBu-PBD : Ir(ppy)<sub>3</sub> = 95 : 5
- 濃度: 1wt%、Chloroform

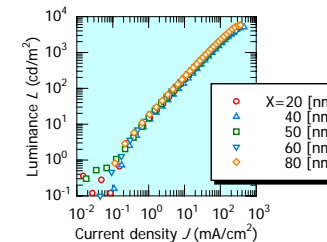
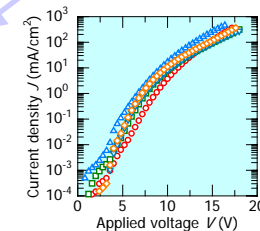
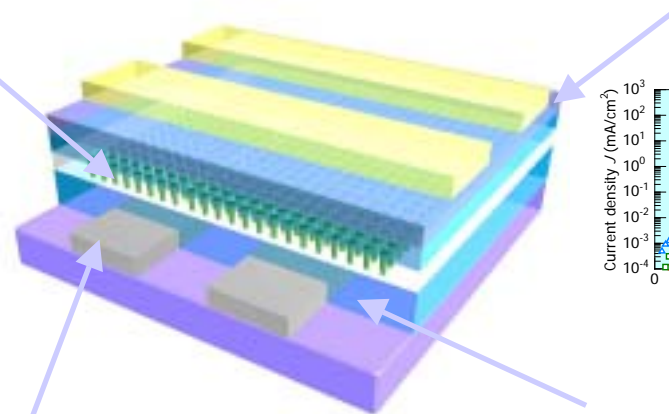
### • MoO<sub>3</sub>\*

- スツパタダメージの軽減
- 高正孔注入特性



Al  
MR=2.09 nm

AlNd  
MR=1.24nm



### ■ AlNd

- 98 : 2 、atomic ratio
- 平坦 (Al: 2.1 nm → AlNd: 1.2 nm)

### • BCP

- 絶縁材料の溶媒に不溶
- 積層構造の実現
- ホールブロック効果大

AlNd / BCP / PMMA <- Ink(tBu-PBD:Ir(ppy)<sub>3</sub>) / α-NPD(50nm)/MoO<sub>3</sub>(50nm)/IZO(120nm)

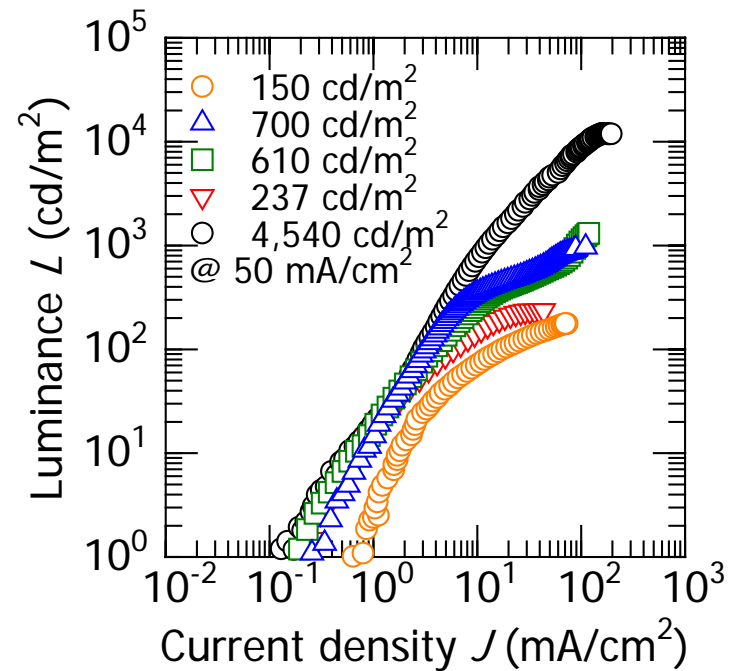
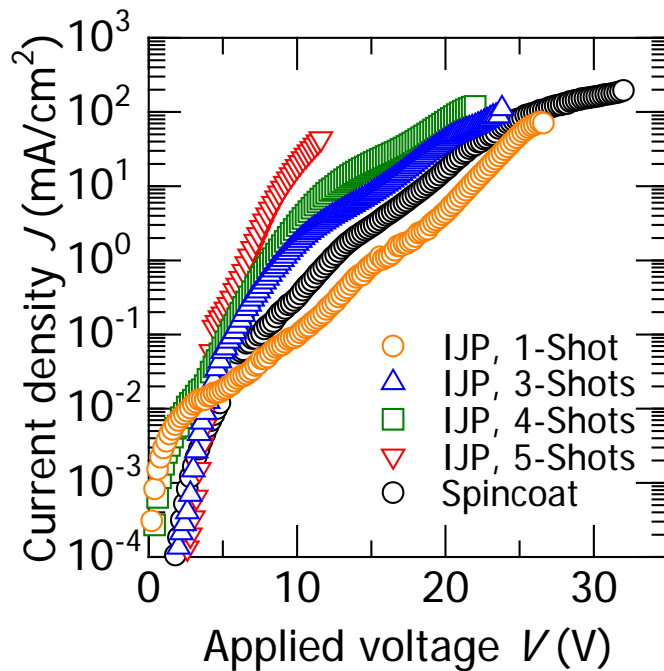
## 【検討項目 ー有機材料の溶解性ー】

	Material	Chloroform	Tetrahydrofuran
HTL	TPD	○	○
	a-NPD	△	×
ETL	BCP	○	×
	tBu-PBD	○	○
EM	Ir(ppy) <sub>3</sub>	△	×
Insulator	PMMA	○	○

- 【溶媒の条件】
- ・絶縁膜塗布時に下層BCPが溶けない
  - ・下層BCPが溶けず、インクや絶縁膜が溶ける

※ 2 wt%時の溶解性. 但し、色素材料は0.2 wt%

## 【ショット数依存性 -J-V, L-J特性-】

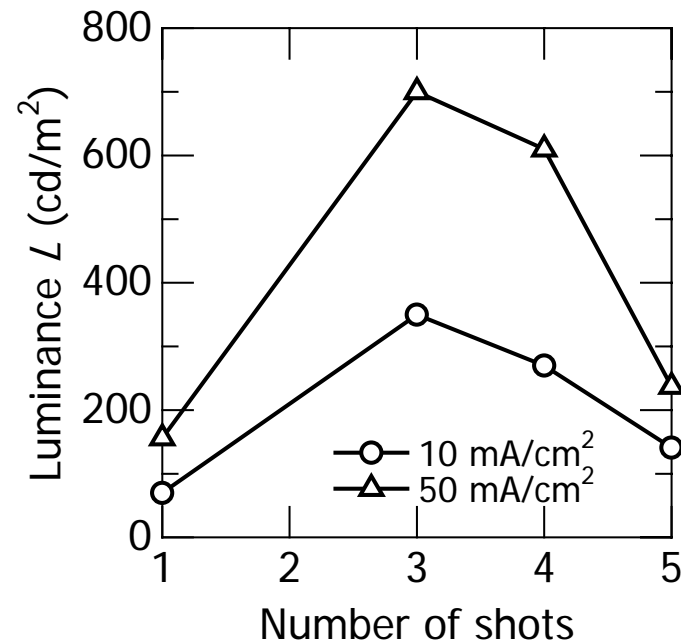


Ink → tBu-PBD : Ir(ppy)<sub>3</sub> = 95 : 5

1 wt% Chloroform

AINd / BCP / PMMA <- Ink(tBu-PBD:Ir(ppy)<sub>3</sub>) / α-NPD(50nm)/MoO<sub>3</sub>(50nm)/IZO(120nm)

## 【輝度のショット数依存性】



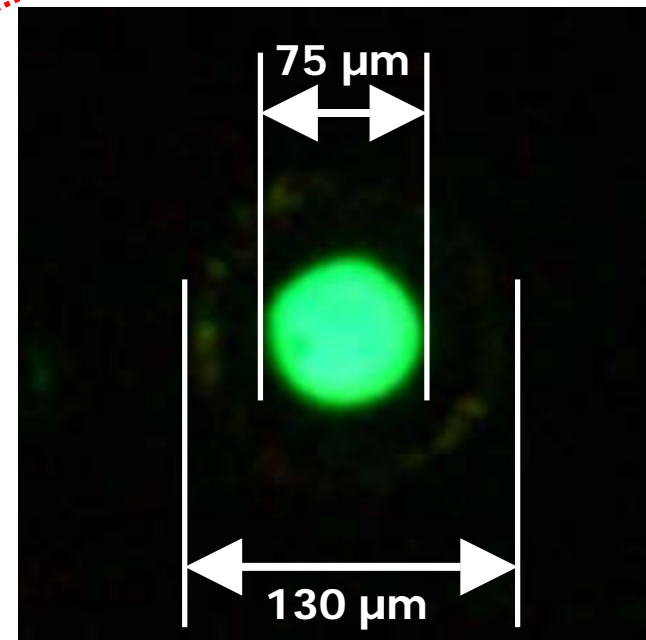
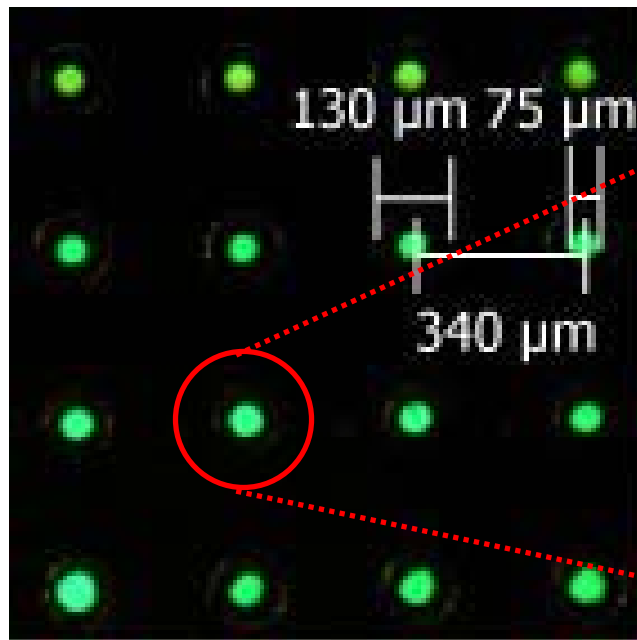
Ink → tBu-PBD : Ir(ppy)<sub>3</sub> = 95 : 5

1 wt% Chloroform

AlNd / BCP / PMMA <- Ink(tBu-PBD:Ir(ppy)<sub>3</sub>) / α-NPD(50nm)/MoO<sub>3</sub>(50nm)/IZO(120nm)

**【顕微鏡観察】**

**発光写真 (3回重ね打ち例)**

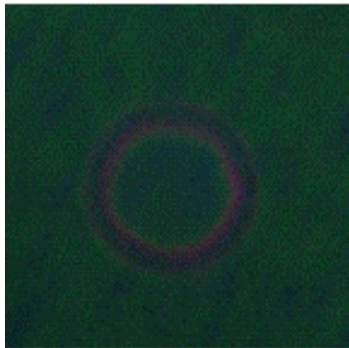


発光ドット径: 75  $\mu\text{m}$

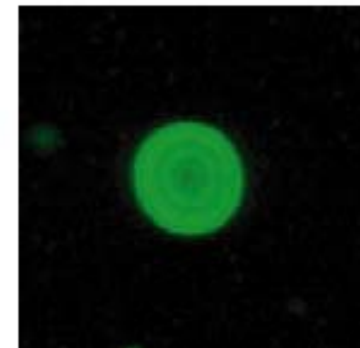
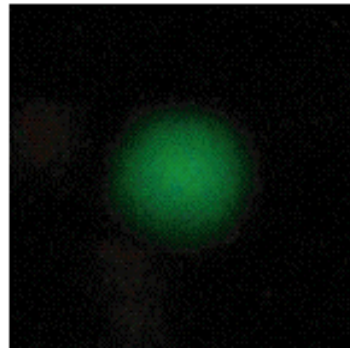
ドット径: 130  $\mu\text{m}$

## 【発光写真】

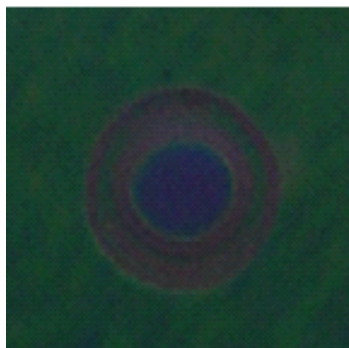
1 shot



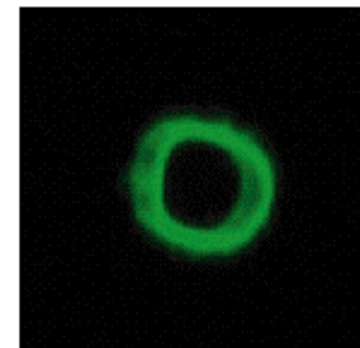
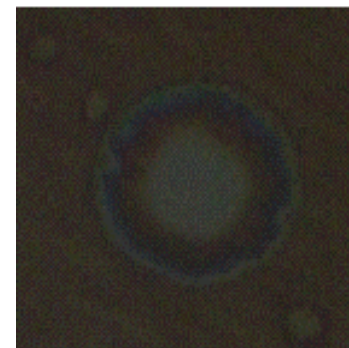
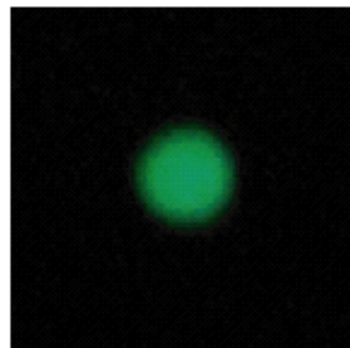
3 shots



4 shots



5 shots





## 【パターン発光】

自己整合プロセスによる、トップエミッション型のロゴマーク発光



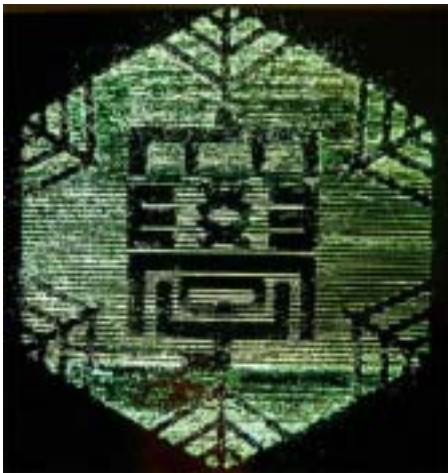
3 cm

解像度: **300 ppi**

輝度: **100 cd/m<sup>2</sup>**

## 【トップエミッション自己整合有機EL素子のまとめ】

- インクの重ね打ち
  - 重ね打ちで絶縁材料とインク混合比率を変化した
  - 3回重ね打ちで最適特性を得た
    - 最高輝度: 1,000 cd/m<sup>2</sup>
    - 解像度: 300 ppi



自己整合プロセスによる、トップエミッション型  
ロゴマーク発光

【謝辞】 AlNdを御提供いただいた株式会社コベルコ科研様に感謝致します。

## 【講演内容】

- ・ 有機 E L 素子の背景 - I J P 法の位置付け
- ・ 有機 E L 素子の基礎
- ・ I J P 法とプロセス条件
- ・ インクジェット法による有機 E L 素子
- ・ 自己整合隔壁デバイス - 簡単、高歩留のプロセス
- ・ トップエミッション自己整合有機 E L 素子
- ・ 有機デバイスの新展開
  - 1 ペンタセンの I J P によるパターンニング
  - 2 自己整合有機フォトダイオード
  - 3 有機 E L / P D 複合集積デバイス

## 【VII-1 ペンタセンのIJPによるパターンニング】

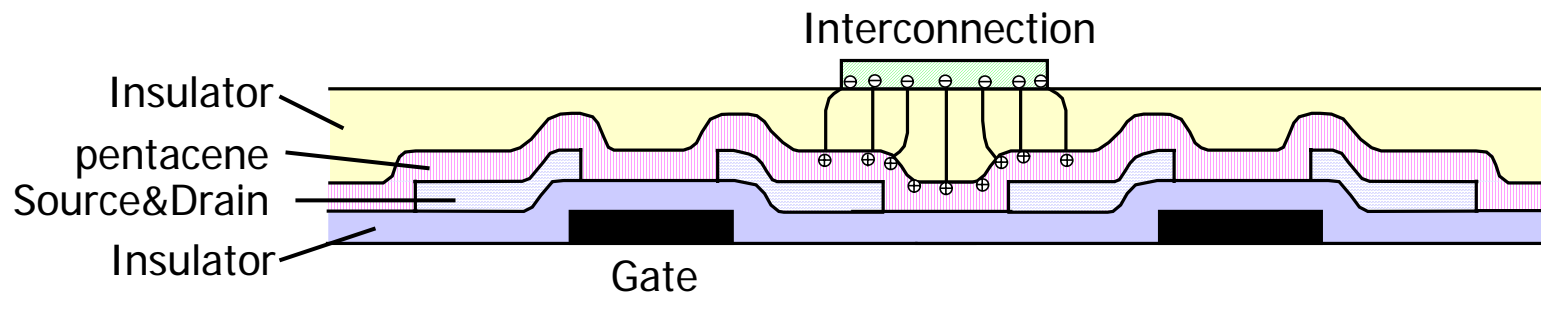
(発表)

- ・有沢:平成15年度富山大学学士論文 (2004) (非公開).
- ・有沢, 兵藤, 中, 岡田, 女川:平成16年秋季応物、2p-ZR-2 (2004).
- ・角本, 井上, 宮林, 中, 岡田, 女川:平成16年秋季応物、2p-ZR-3 (2004).
- ・有沢, 角本, 兵藤, 中, 岡田, 女川, 宮林, 井上:電子情報通信学会技術報告, OME2004-101 (2004).

## 【背景】

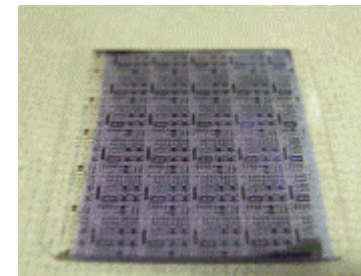
### 【課題】 ・有機層のパターニング

(1) 有機膜への**キャリア蓄積**による素子間リーク、バックゲート効果



(2) 有機半導体層による**透過率低下**

可視光吸収による着色



---

## 【塗布系パターンニング工程の例】

### 塗布法による有機半導体膜の形成

- ・高分子系

P3HT

- ・移動度  $\sim 0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$  の報告

H. Sirringhaus *et al.*: Nature, 401, 685 (1999).

- ・IJP法によるAll Polymerトランジスタ

T. Kawase *et al.*: SID'01 Digest, 40 (2001).

- ・低分子系

Pentacene

- ・加熱状態基板上への形成

南方他: 第51回春季応物、29a-ZN-5 (2004).

- ・液晶/Pentacene混合系からの結晶化

藤掛他: 2004年日本液晶学会討論会、2B04 (2004).

## 【内容】

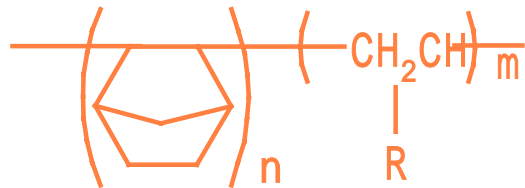
IJPによる有機トランジスタのPentacene  
パターニング技術について報告する

- ・ペンタセンの溶液化法
- ・組成分析、塗布状況
- ・デバイス評価

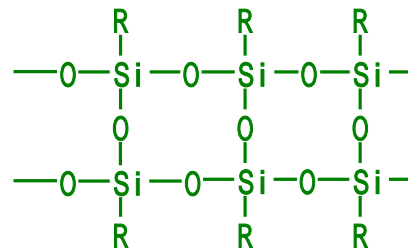
## 【使用した有機材料】

### ゲート絶縁膜材料

Cyclo olefin polymer

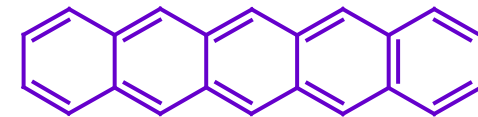


Silicone resin  
(DD-2200)



### 半導体層材料

Pentacene





## 【ペンタセンの溶液化】

ジクロロベンゼン溶媒を用いた場合



ペンタセン溶液  
70°C、48hr加熱

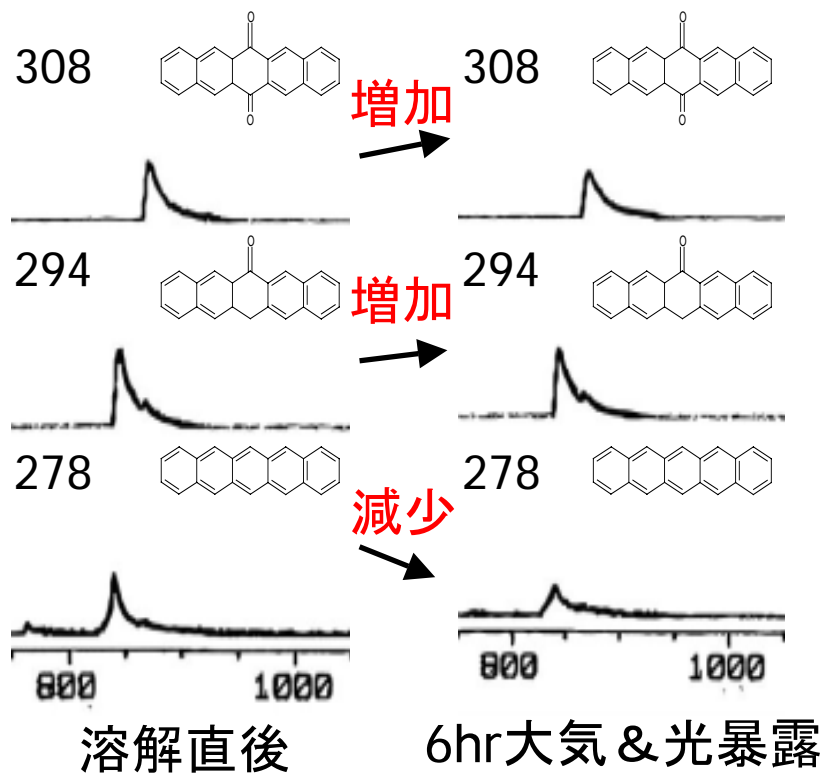


酸化された  
ペンタセン溶液

**条件** 溶液濃度 … 0.1wt%に設定  
攪拌時間 … 48時間攪拌

**キーポイント** 溶解温度 … 70°Cで保温  
溶媒の脱気 … 酸素を脱気しアルゴン封入  
光遮断 … 外光を遮断

## 【マスクマトグラフ】

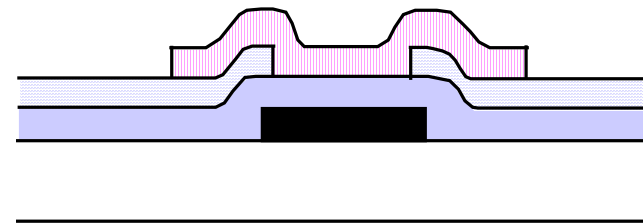
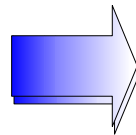
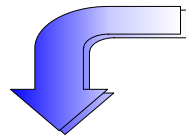
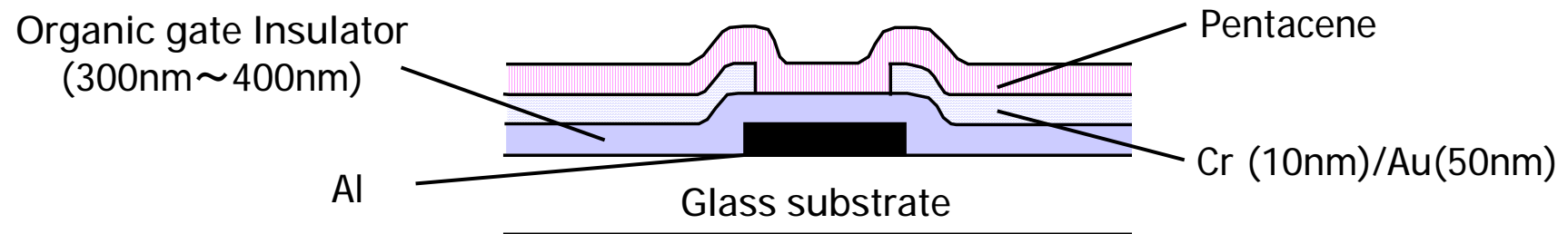


成分	溶解直後	6hr大気 & 光暴露
ペンタセンジオン	0.36	0.41
ペンタセンモノオン	0.28	0.31
ペンタセン	0.36	0.28

ジクロロベンゼン溶媒

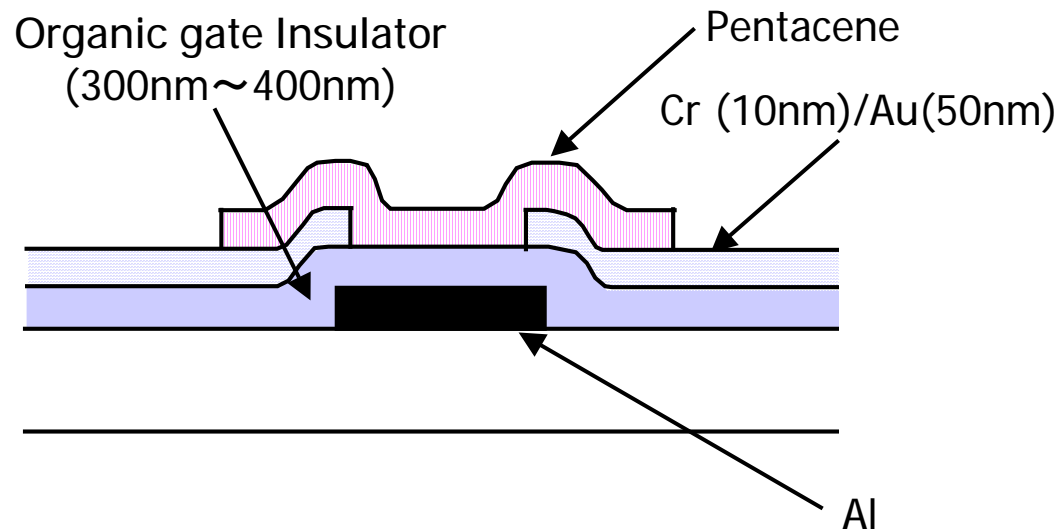
## 【トランジスタ作製工程・・・自己整合＋溶液プロセス】

### 素子構造

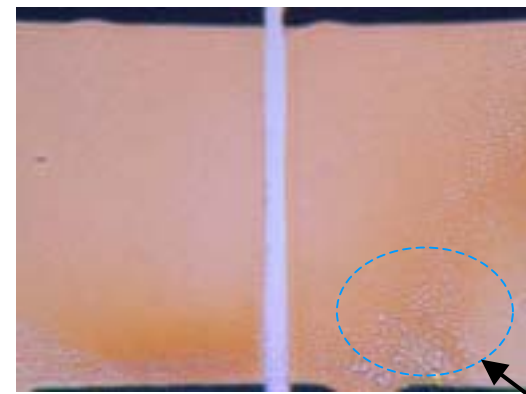
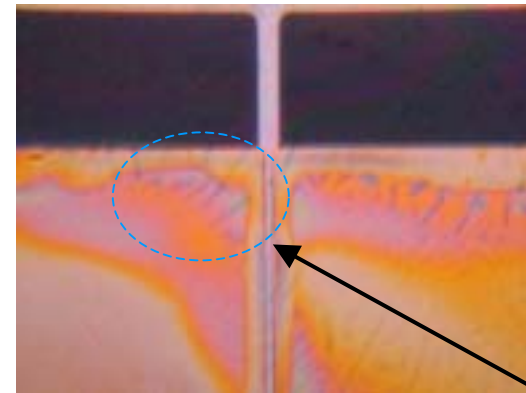


IJP法で、Pentacene溶液を塗布

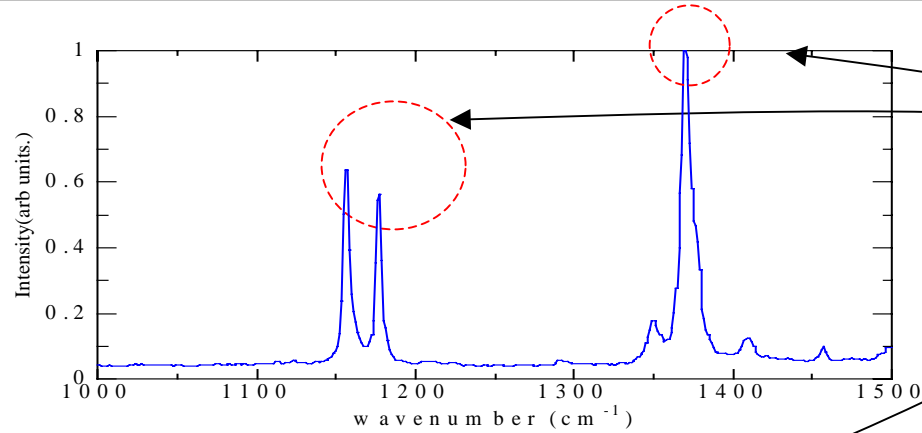
## 【デバイスの断面構造及び塗布画像】



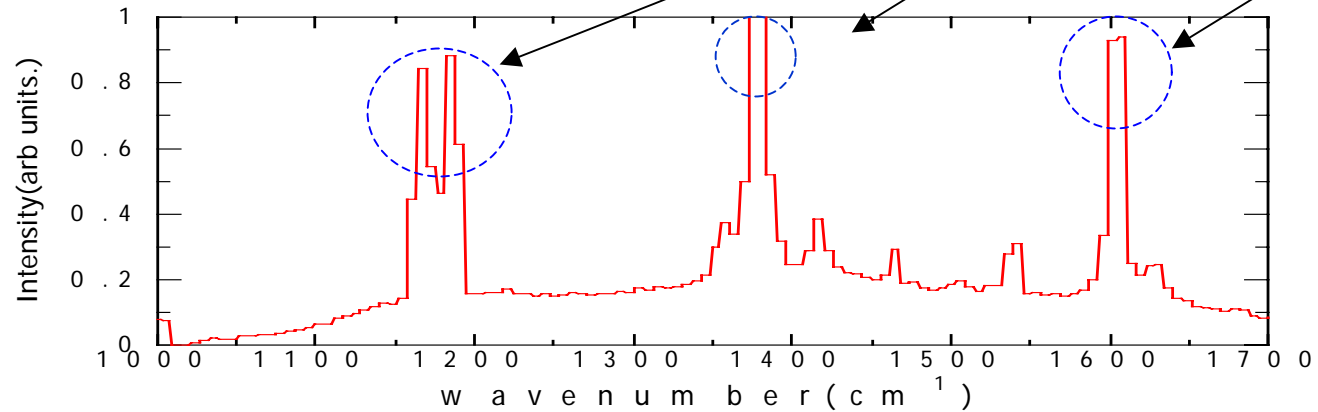
有機トランジスタの断面図



## 【ペンタセン膜の組成分析・・・ラマン分析】



単結晶膜 C.C.Mattheus, Ph.D.-thesis, 69(2002)

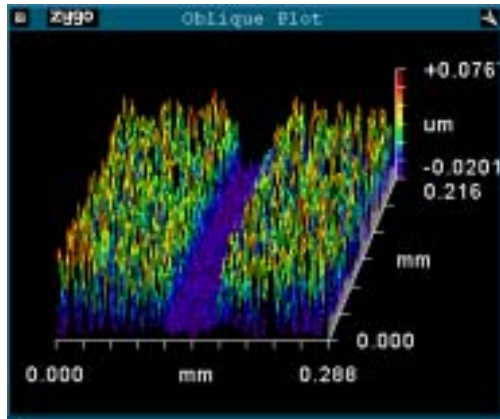


キャスト膜

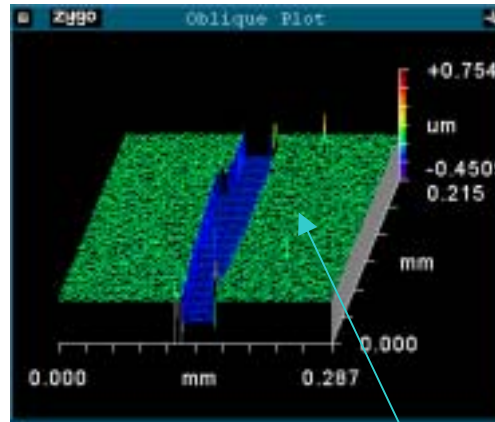
ピークが類似

酸化物

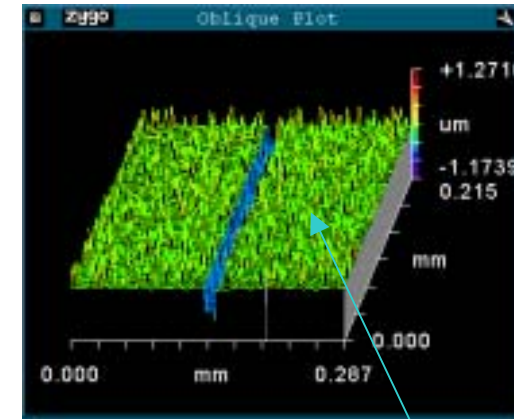
## 【ゲート絶縁膜上のペンタセン塗布状況】



Glass



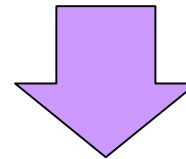
Cyclo-olefin polymer



Silicon resin

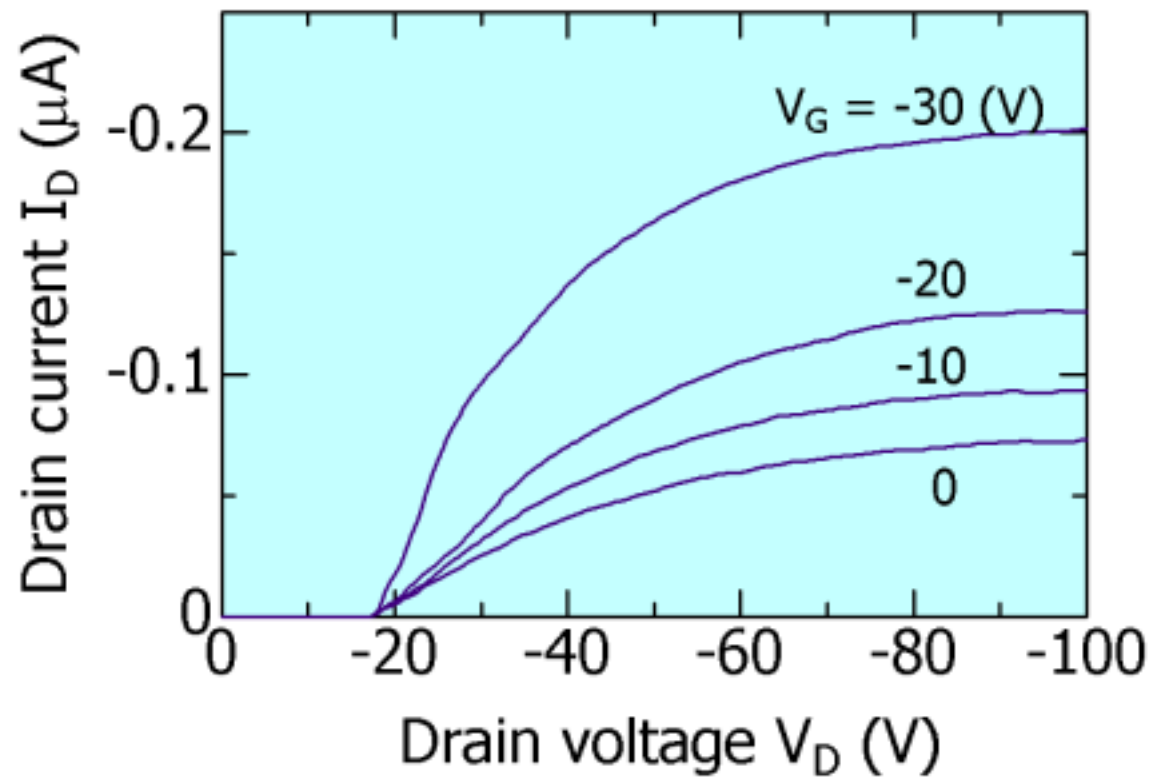
結晶粒が細かい

結晶粒が粗い



ペンタセンの2次元的な膜形成が可能

## 【デバイス評価と検討】



塗布前処理: OTS処理

移動度:  $2.7 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$

## 【まとめ】

有機トランジスタのPentaceneパターニング技術について報告した

### インクジェットプリント(IJP)法による塗布系パターニング

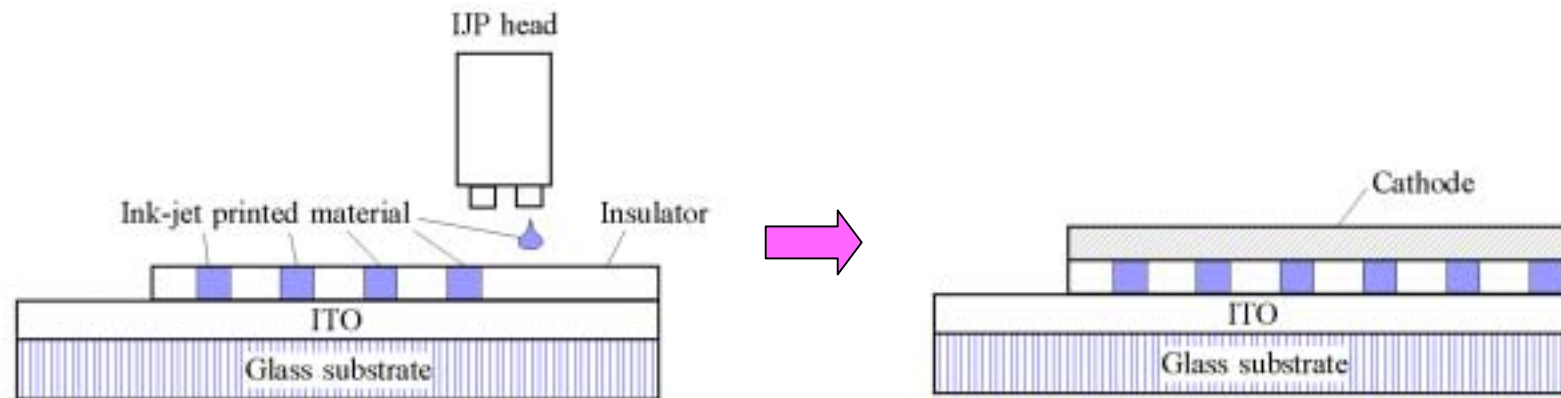
- ・ペンタセンの溶液化に成功
- ・IJP法によるペンタセン成膜で、自己整合有機トランジスタを作製
- ・トランジスタの移動度  $2.7 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{Vs}$



## 【講演内容】

- ・ 有機 E L 素子の背景 - I J P 法の位置付け
- ・ 有機 E L 素子の基礎
- ・ I J P 法とプロセス条件
- ・ インクジェット法による有機 E L 素子
- ・ 自己整合隔壁デバイス - 簡単、高歩留のプロセス
- ・ トップエミッション自己整合有機 E L 素子
- ・ **有機デバイスの新展開**
  - 1 ペンタセンの I J P によるパターンニング
  - 2 **自己整合有機フォトダイオード**
  - 3 有機 E L / P D 複合集積デバイス

## 【自己整合隔壁プロセス】



OPD材料を含むインクを用い、  
自己整合プロセスを行う。

- 絶縁膜
  - IJP後
- 真空 60 °C、1時間ベーク

## 【必要な材料の性質】

### ■ IJP法に用いるOPD材料

- 光感受性が高い
- 溶媒に可溶

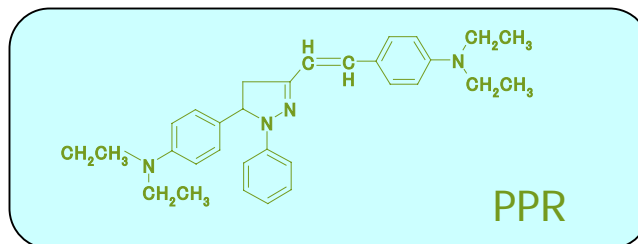
### ■ 自己整合隔壁に用いる材料

- 高絶縁性
- 溶液に可溶



### ■ 光導電材料

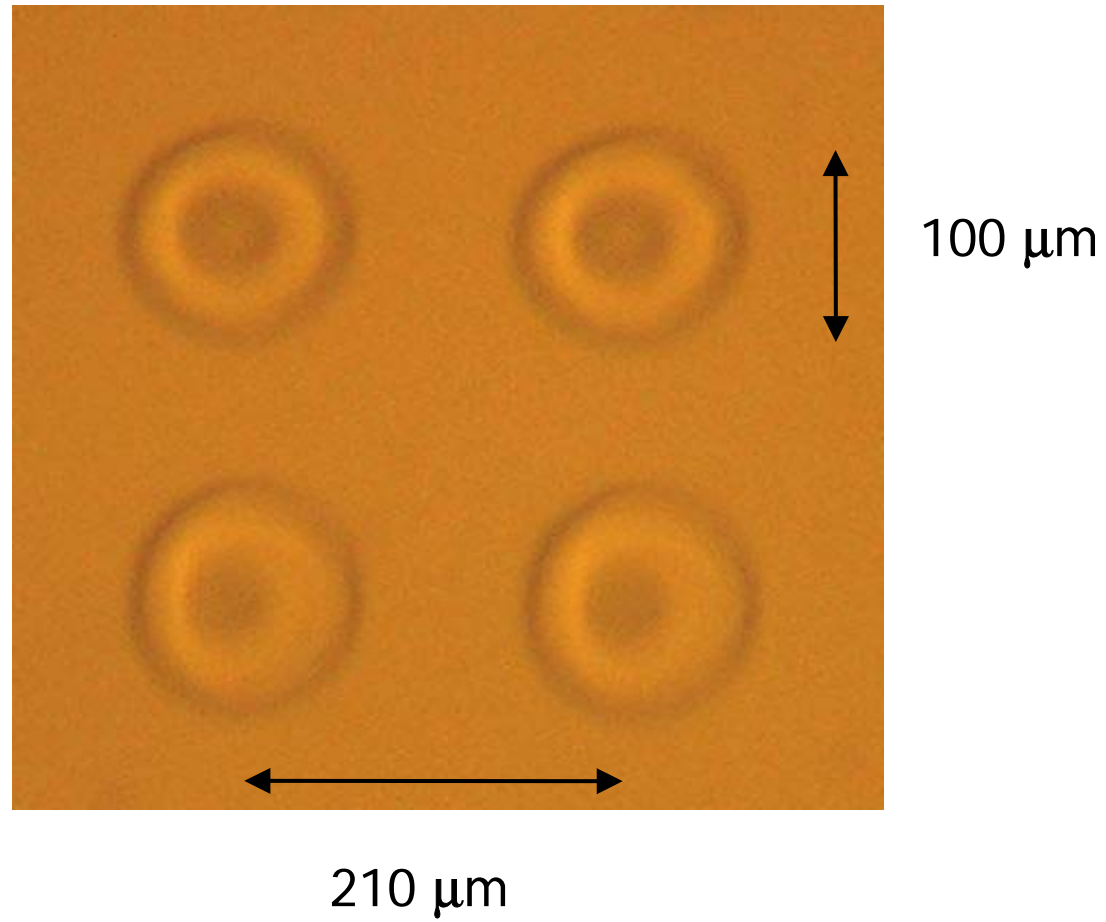
- 4-[2-[5-[4-(Diethylamino)phenyl]-4,5-dihydro-1-phenyl-1H-pyrazol-3-yl]-ethenyl]-N,N-diethylaniline  
(ピラゾリン系、PPR)



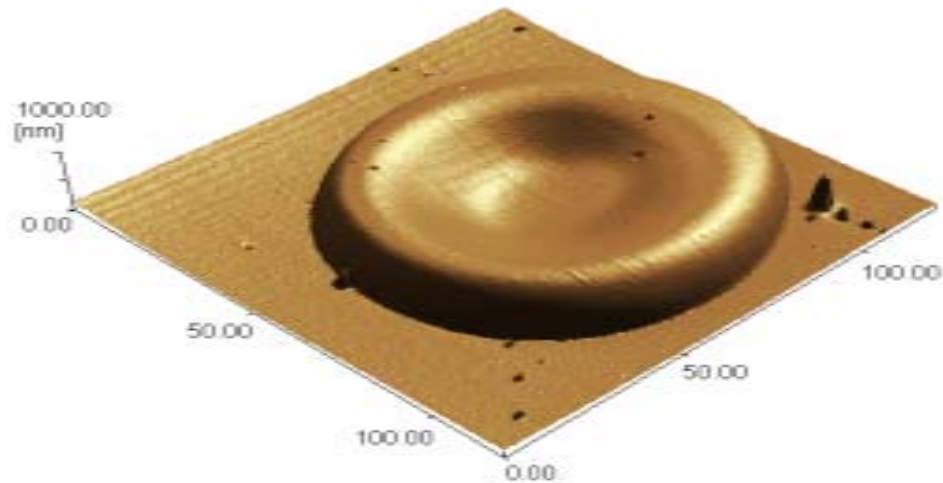
### ■ 絶縁膜

- シクロオレフィンポリマー  
(日本ゼオン)

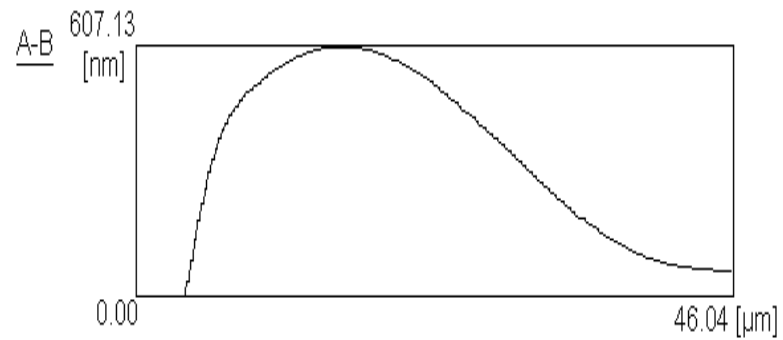
【顕微鏡観察】



## 【AFM観察】



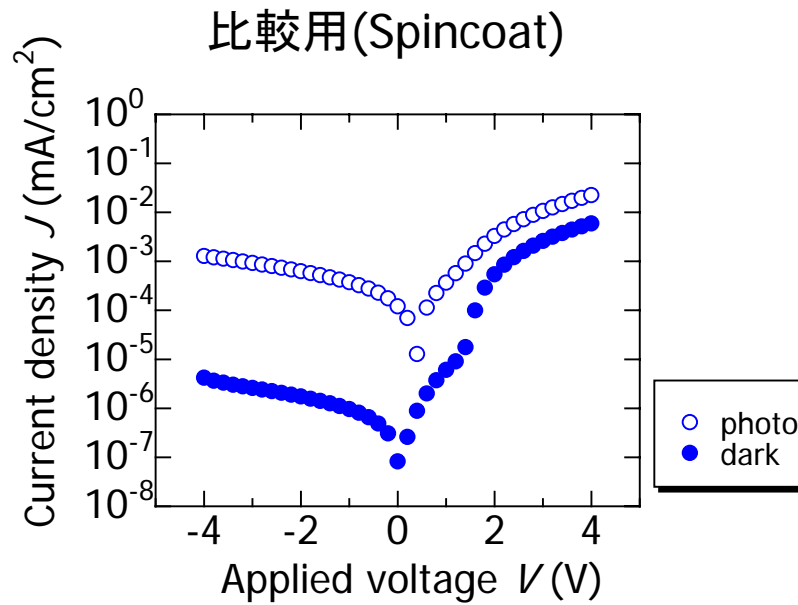
エッジの高さ : 632 nm  
ドットの幅 : 92 μm



Chloroform (1wt%)

エッジ幅 : 42 μm

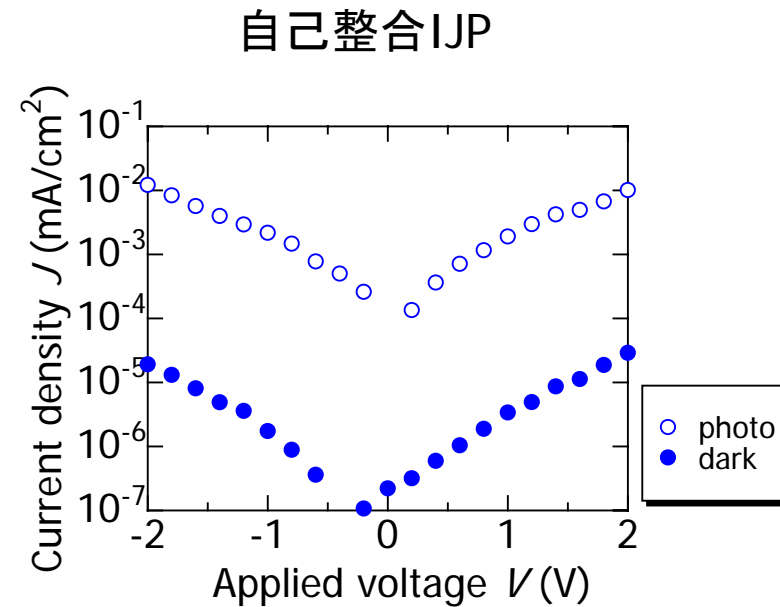
## 【素子特性】



導電率比

$3.6 \times 10^2$  (@-2 V)

ITO / PPR (200 nm) / Al



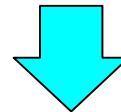
導電率比

$6.3 \times 10^2$  (@-2 V)

ITO / シクロオレフィン(50 nm) ← PPR / Al

## 【まとめ】

- 低分子光導電材料の使用
- 高抵抗隔壁の採用
- IJP法による有機PDの素子のパターンニング
- 導電率比  $6.3 \times 10^2$  (@-2 V)



- 高精細パターンニング
- 作製プロセスの簡略化

## 【講演内容】

- ・ 有機 E L 素子の背景 - I J P 法の位置付け
- ・ 有機 E L 素子の基礎
- ・ I J P 法とプロセス条件
- ・ インクジェット法による有機 E L 素子
- ・ 自己整合隔壁デバイス - 簡単、高歩留のプロセス
- ・ トップエミッション自己整合有機 E L 素子
- ・ **有機デバイスの新展開**
  - 1 ペンタセンの I J P によるパターンニング
  - 2 自己整合有機フォトダイオード
  - 3 **有機 E L / P D 複合集積デバイス**



## -3 有機 E L / P D 複合集積デバイス ( Bi-Matrix )

- Y. Matsushita *et al.*: Ext. Abstr. SSDM, 168 (2004).
- 松下他: 平成16年春季応物, 28p-ZQ-6 (2004).
- Y. Matsushita *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys., 44(4B), 2826 (2005).
- 島田他: 平成17年春季応物, 30p-YL-11 (2005).

## 【積層構造素子】

### ◆ 有機EL・・・マルチフォトンエミッション素子

- 城戸他: 第49回春季応物, 27p-YL-3 (2002).

### ◆ フォトダイオード・・・太陽電池(タンデム型フォトダイオード)

- K. Toriyana, T. Yasuda, K. Fujita and T. Tsutsui: Ext. Abst. SSDM, 784 (2003).

### ◆ OLEDとOPD・・・光応答型有機EL素子

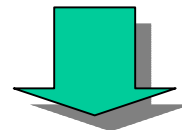
- 近松, 吉田, 八瀬: 信学技報, OME2003-97 (2003).

### ・・・有機光双安定スイッチ

- J. Xue and S. R. Forrest: Appl. Phys. Lett., **82**, 136 (2003).

## 【研究目的】

OLEDとOPDを同一基板上に作製し、独立動作させる



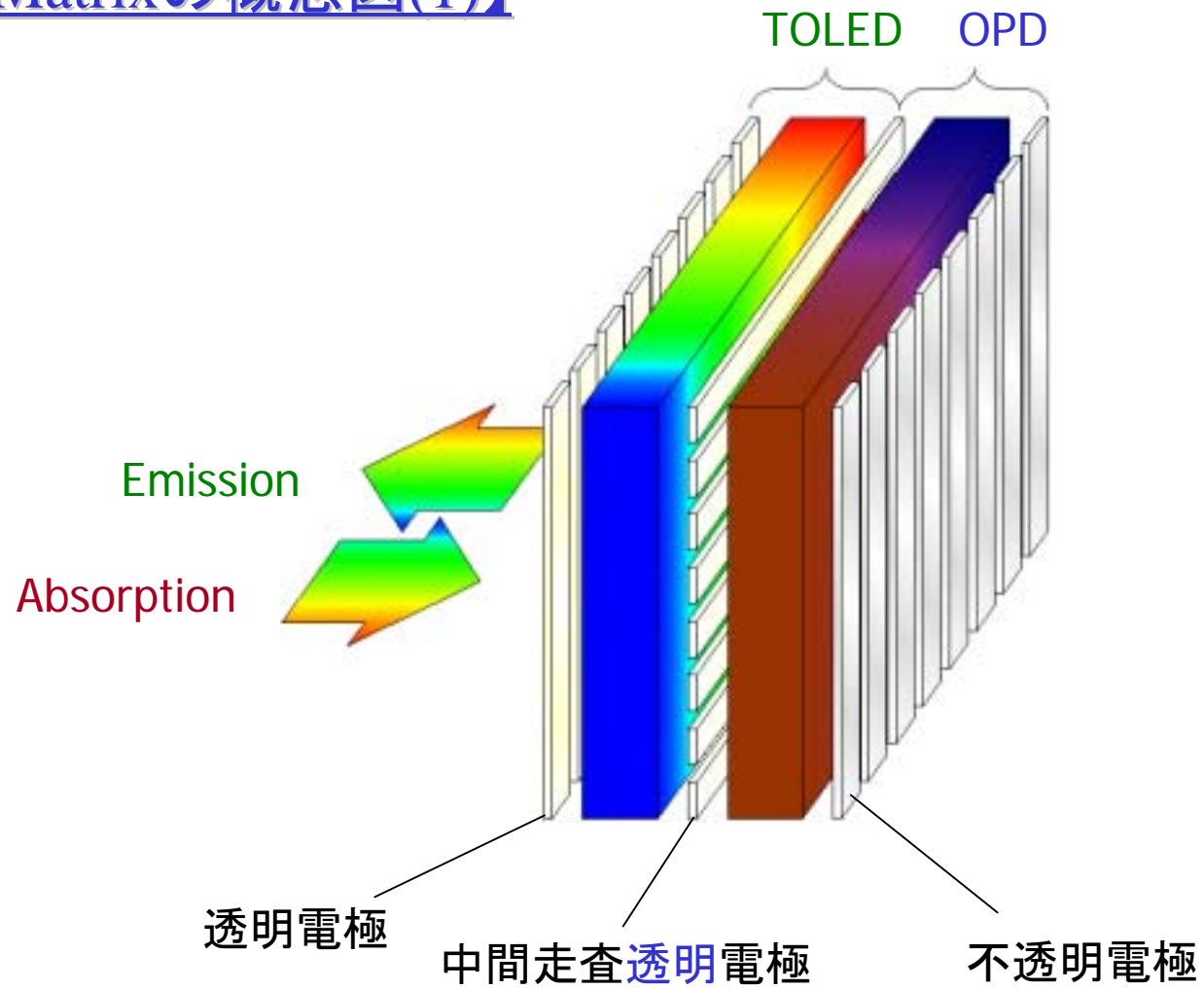
二つの複合機能を有する  
“Bi-Function Matrix Array (Bi-Matrix)”

### 応用例

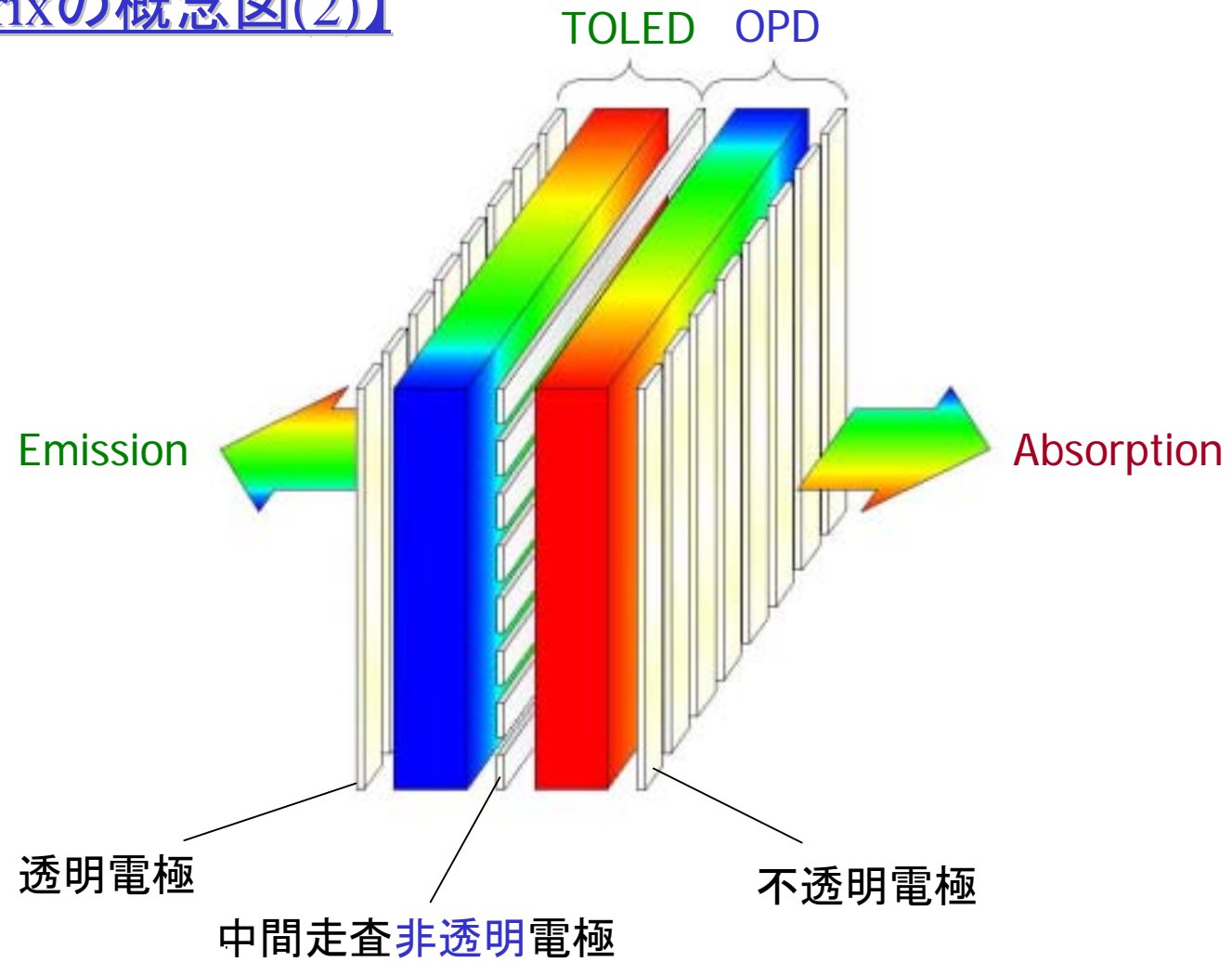
- ディスプレイ／スキャナ複合ノートPC
- ディスプレイ／スキャナ複合携帯電話
- …etc.



## 【Bi-Matrixの概念図(1)】



## 【Bi-Matrixの概念図(2)】

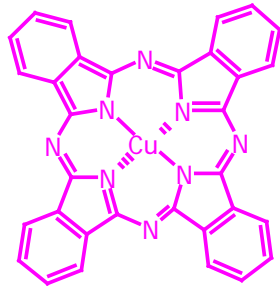


## 【内容】

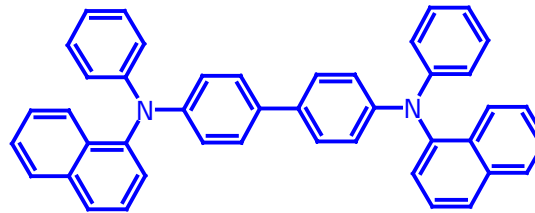
- 積層デバイスの評価
  - 透明OLED特性
  - OPD特性
  
- プロトタイプ 4×4 Bi-Matrixの試作
  - OLEDマトリクス駆動
  - OPDマトリクス駆動

## 【使用材料】

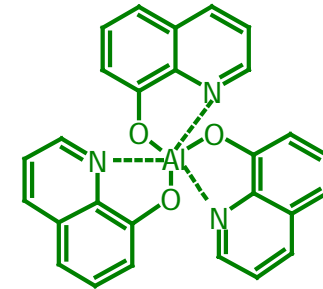
### ■OLED



copper phthalocyanine  
CuPc (キャリア注入材料)



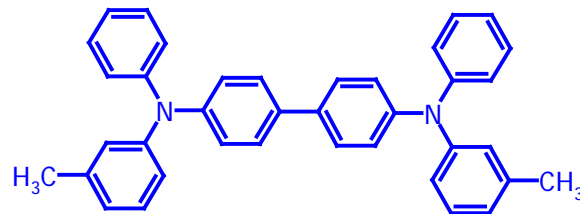
4,4'-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]biphenyl  
 $\alpha$ -NPD (ホール輸送材料)



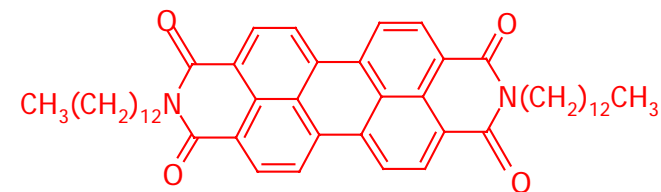
tris-(8-hydroxyquinoline) aluminum  
Alq<sub>3</sub> (電子輸送性発光材料)

### ■中間透明電極 … Indium-Zinc-Oxide (IZO) (出光興産)

### ■OPD

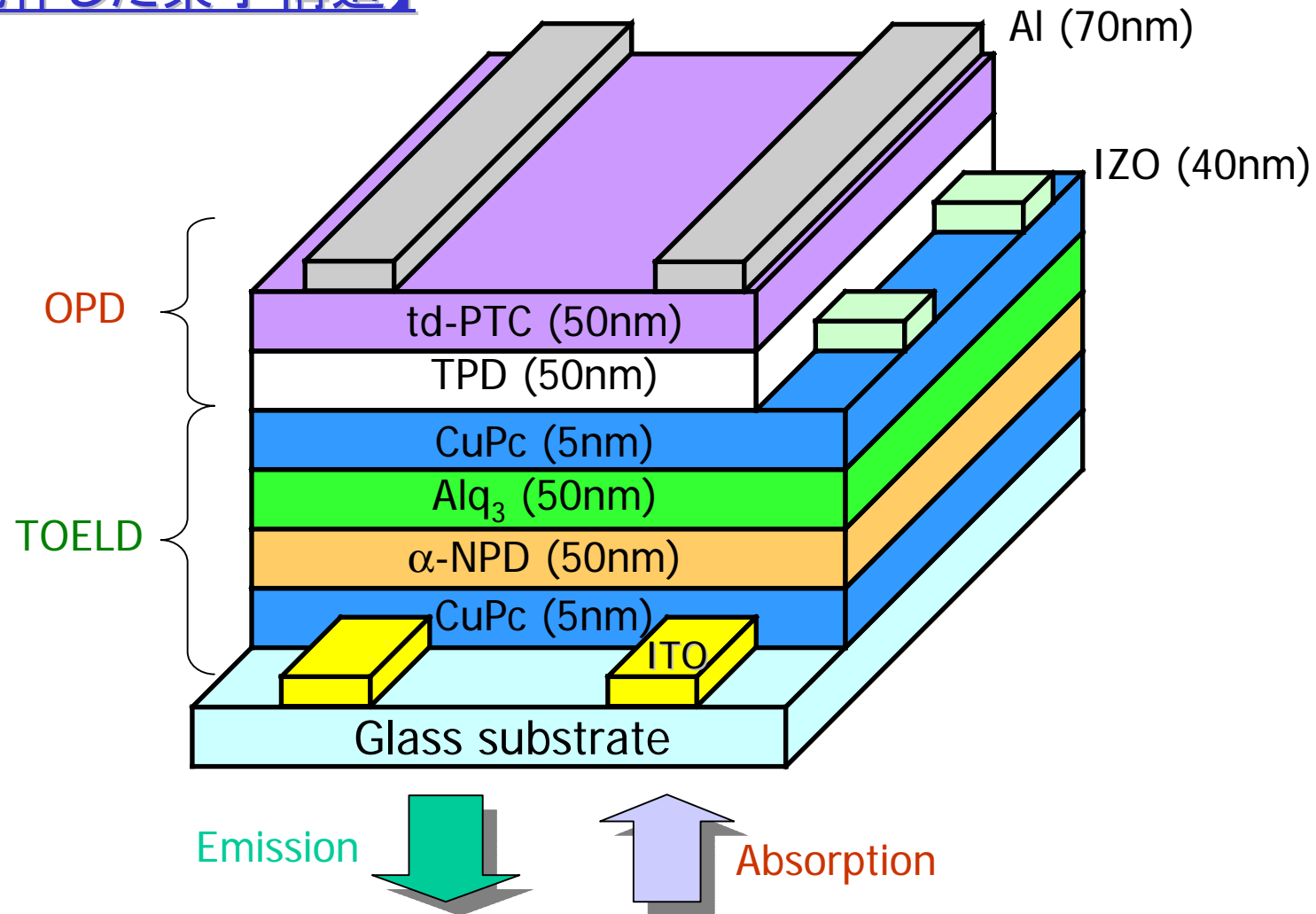


N,N'-bis(3-methylphenyl)-(1,1'-biphenyl)4,4'-diamine  
TPD (キャリア輸送材料)



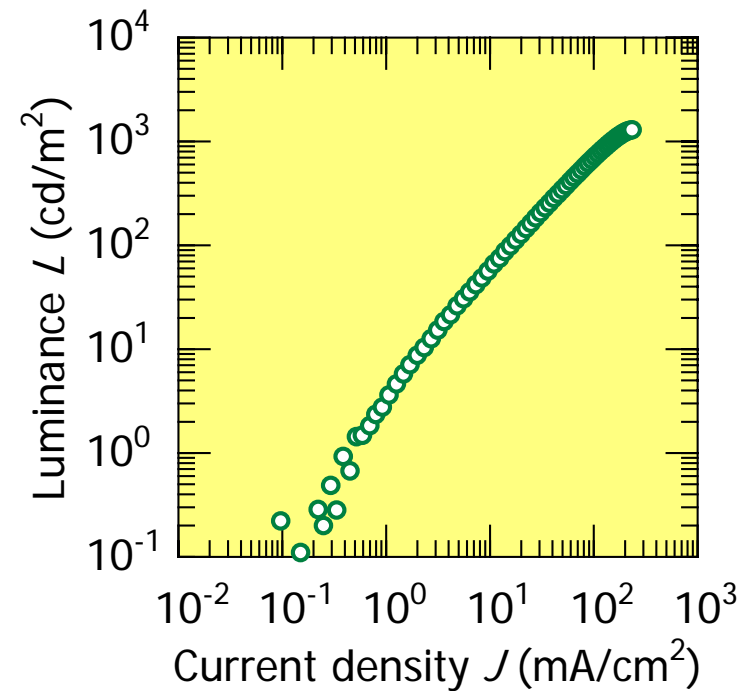
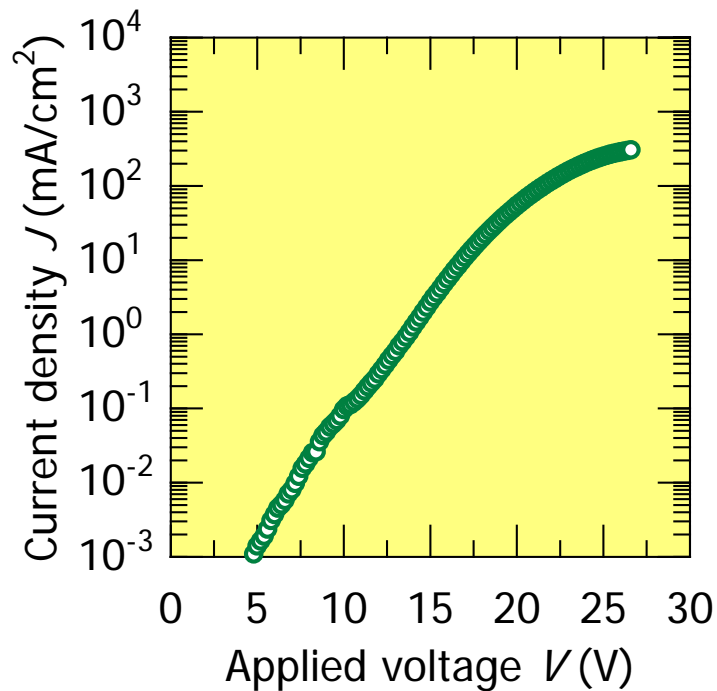
Ditridecyl perylene tetracarboxylic diimide  
td-PTC (光導電材料)

## 【試作した素子構造】



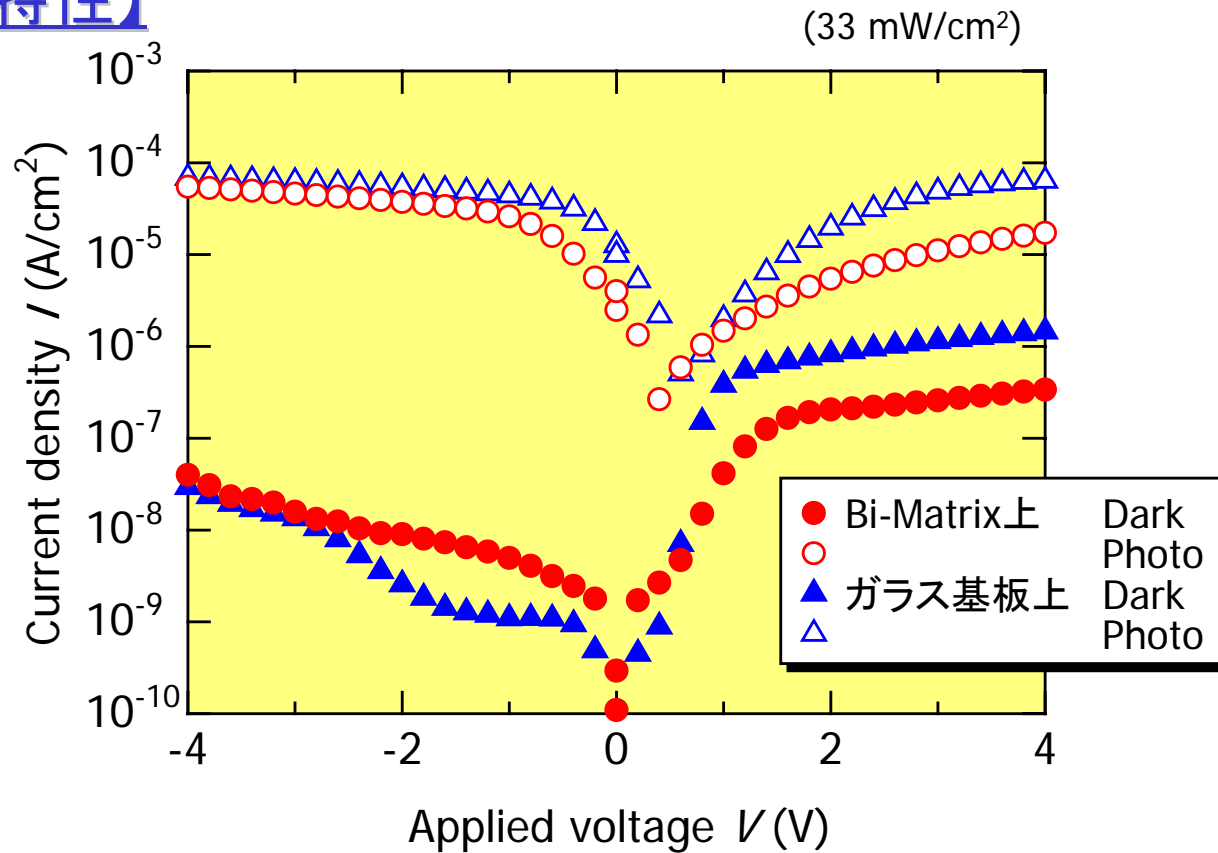


## 【TOLED特性】



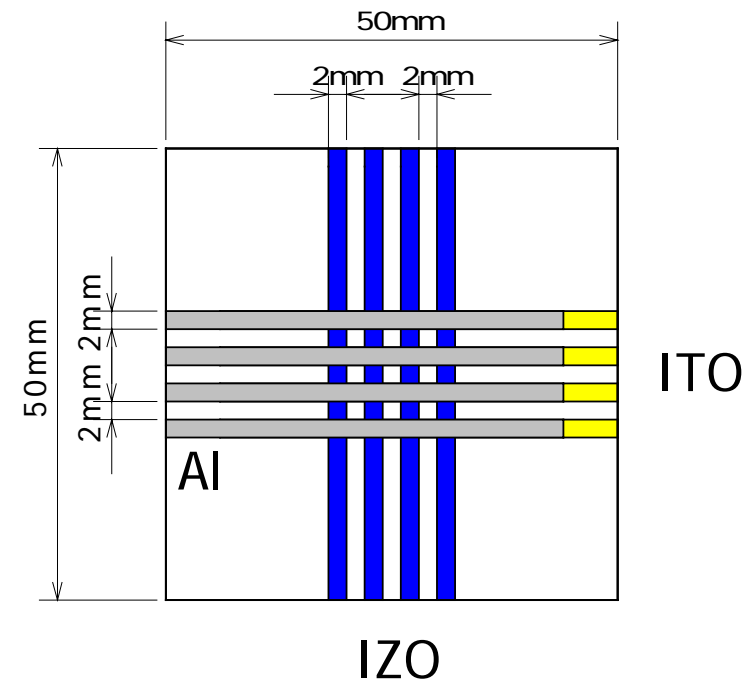
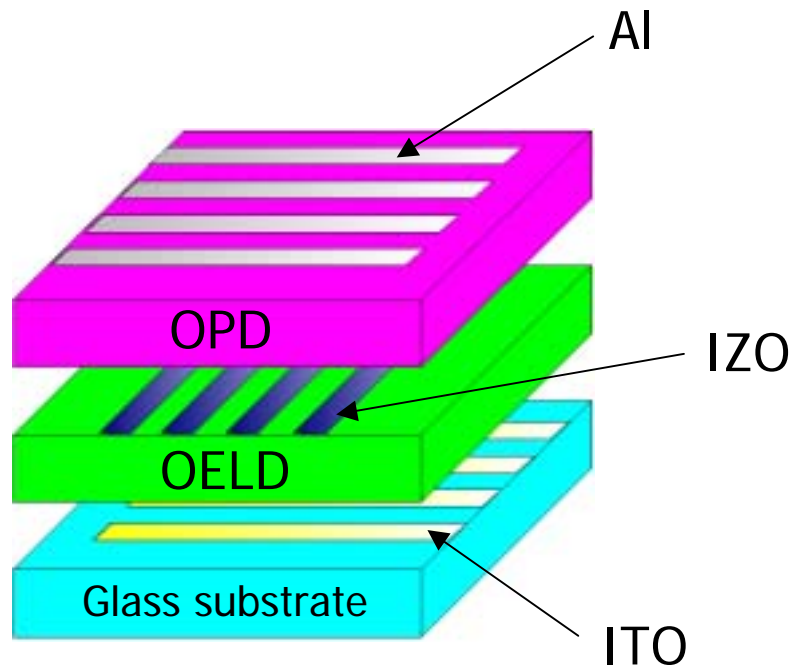
最大輝度	:	1,290 cd/m <sup>2</sup>	(@ 234 mA/cm <sup>2</sup> )
最大視感効率	:	0.11 lm/W	(@ 31 mA/cm <sup>2</sup> )
最大外部量子効率	:	0.20 %	(@ 82 mA/cm <sup>2</sup> )

## 【OPD特性】

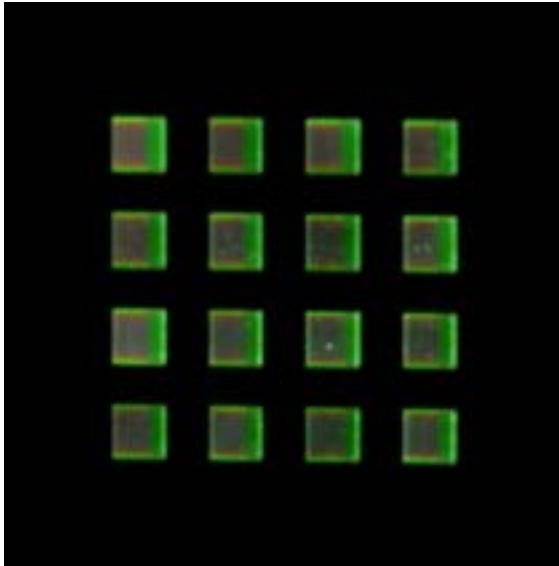


Bi-Matrixでも同等の特性を実現  
導電率比 10<sup>4</sup> (@ -2 V)

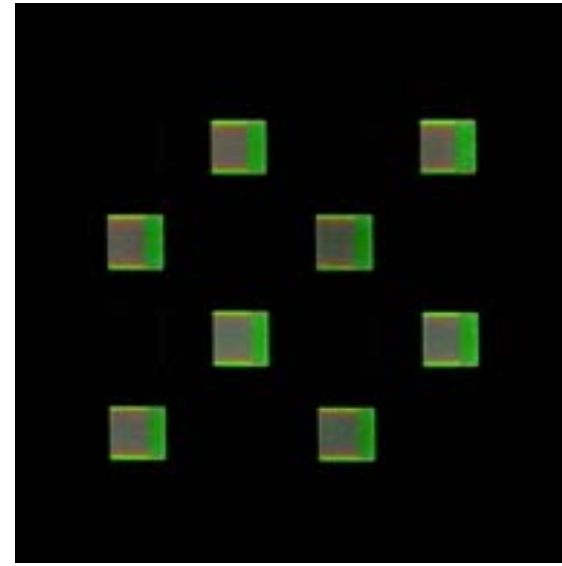
## 【プロトタイプ 4×4 Bi-Matrix】



## 【Bi-Matrix OLED】



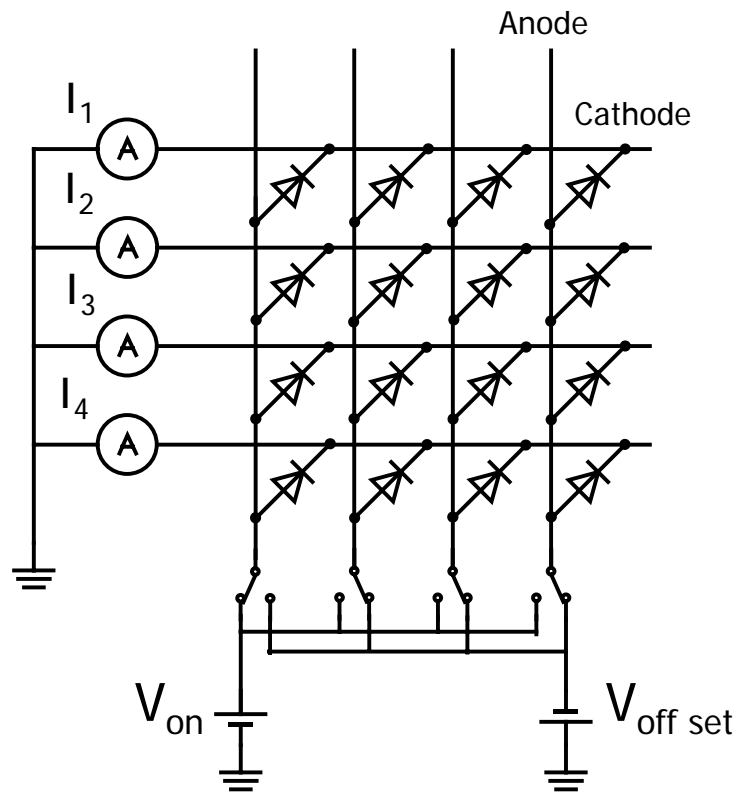
全面点灯



パターン点灯

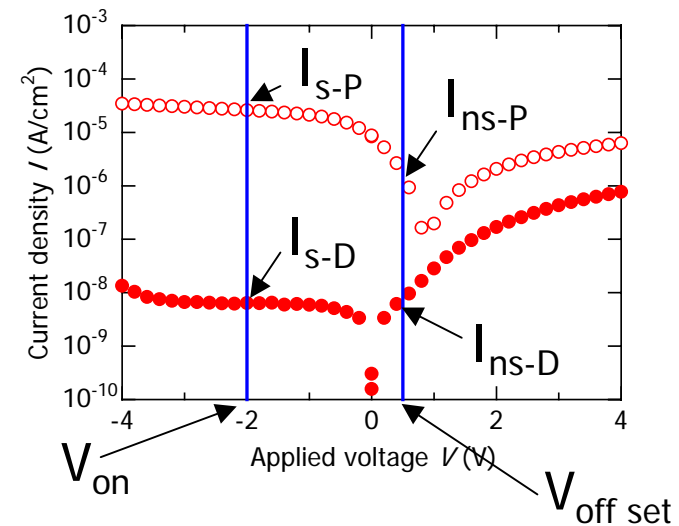
マトリクス動作確認

## 【Bi-Matrix OPD駆動方法】



$I_s$  : 選択点電流

$I_{us}$  : 非選択点電流



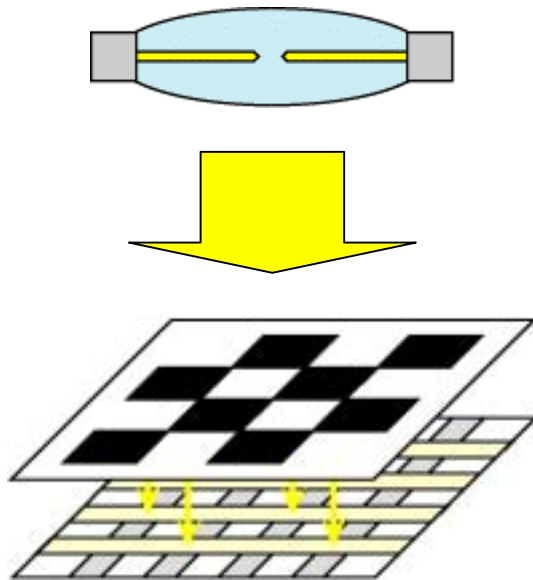
$$I_D = I_{s-D} + 3I_{ns-P}$$

$$I_P = I_{s-P} + 3I_{ns-D}$$

$$I_P/I_D = 19 \quad (23 \text{ mW/cm}^2)$$

## 【Bi-Matrix OPD動作の検証】

Xenon Lamp (23 mW/cm<sup>2</sup>)



( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )

17	1	20	2
0.3	22	0.3	17
18	2	21	0.3
0.7	19	0.3	21

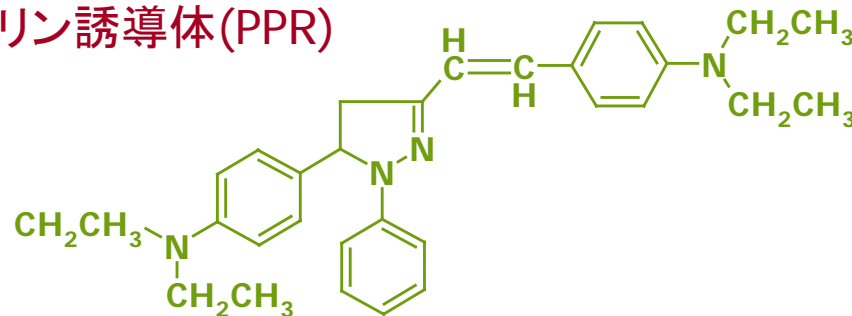
パターン検出確認

## 【更なる改善 — 複合機能材料探索 —】

- 発光・受光材料

4-[2-[5-[4-(Diethylamino)phenyl]-4,5-dihydro-1-phenyl-1H-pyrazol-3-yl]-ethenyl]-N,N-diethylaniline (PPR)

### ピラズリン誘導体(PPR)

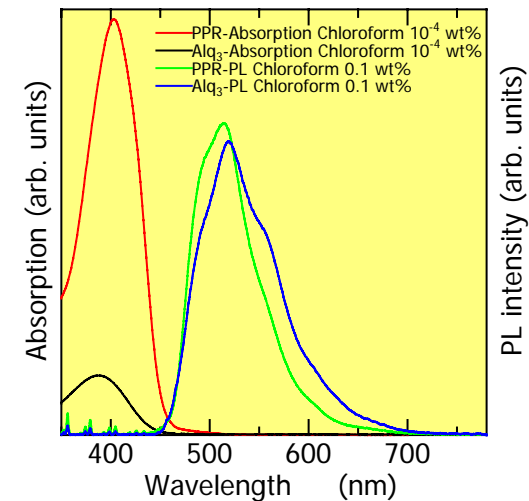


- LUMO : 2.1 eV、HOMO : 4.7 eV
- 溶解性 Chloroform、Tetrahydrofuranに可溶
- ホール輸送性を持つ



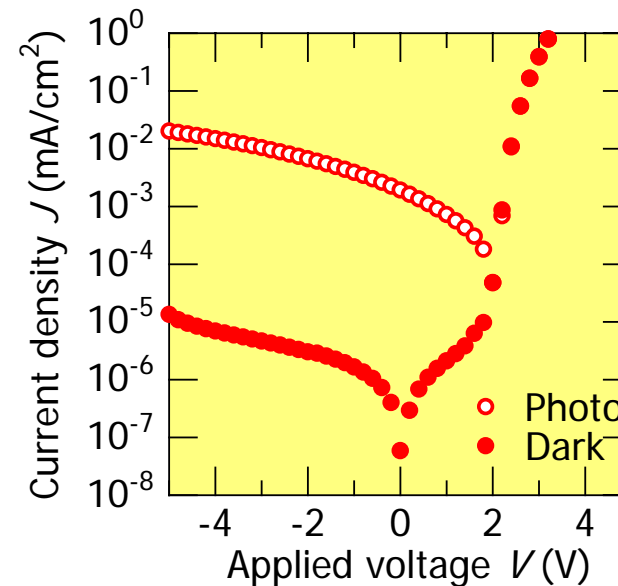
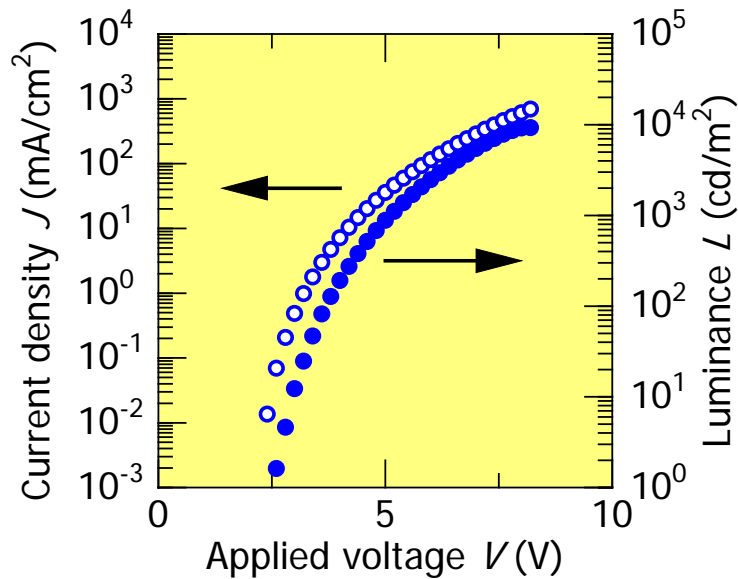
溶液系プロセスにも適用可能

### ■ 吸収・PLスペクトル



- 内部量子効率 は Alq3 と同等
- 吸収大

## 【OLED・OPD特性 (蒸着系)】



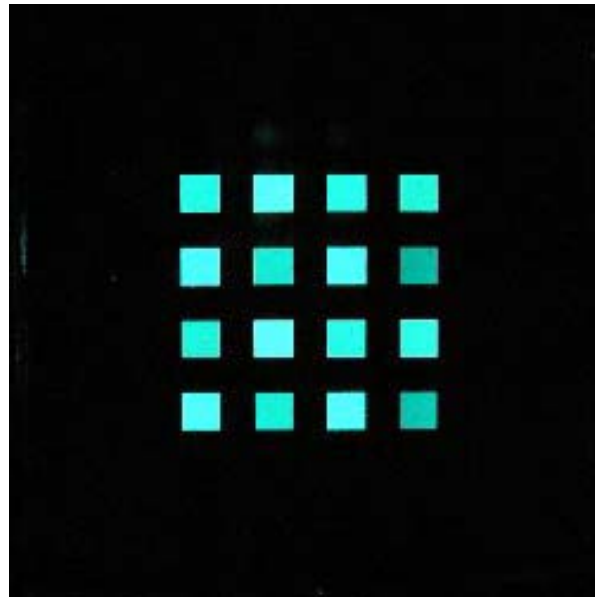
最大輝度 : 9,270 cd/m<sup>2</sup> (@ 693 mA/cm<sup>2</sup>)  
最大視感効率 : 2.58 lm/W (@ 1.8 mA/cm<sup>2</sup>)  
最大外部量子効率 : 1.11 % (@ 2.99 mA/cm<sup>2</sup>)

導電率比 :  $2 \times 10^3$  (@ -4 V)  
明電流 : 15.0  $\mu$ A/cm<sup>2</sup> (@ -4 V)  
開放電圧 : 2.0 V  
短絡電流 : 1.93  $\mu$ A/cm<sup>2</sup>  
FF : 0.184

IZO/CuPc(30 nm)/PPR(50 nm)/BCP(20 nm)/LiF(1 nm)/Al



## 【4×4マトリクス駆動動作】



全面点灯  
(印加電圧 7 V、輝度 600 cd/m<sup>2</sup>)

マトリクス発光確認

( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )

15.3	0	14.7	0.036
0.003	15.2	0.003	12.7
16.8	0.008	13	0.015
0.019	16.6	0.02	15.5

パターン検出確認

## 【有機EL／PD複合集積化のまとめ】

複合機能マトリクスアレイ(Bi-Matrix)について検討した

- TOLEDとOPDの積層構造の独立動作を確認した
- プロトタイプ 4×4 Bi-Matrixを実現した
- ピラゾリン誘導体単層構造で、発光・受光の両機能を実現した
- 4×4 Matrixを作製し、OLED/PDの独立動作を確認した

【謝辞】 AlNdを提供いただいた株式会社コベルコ科研様に感謝いたします。

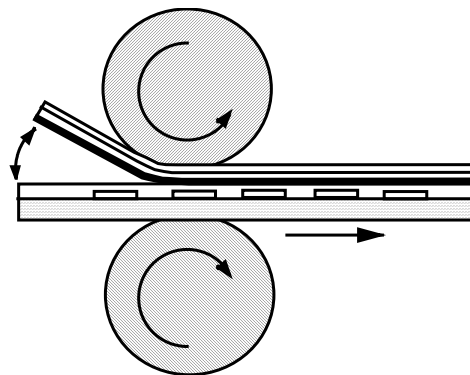
# まとめ

## 【今後注目される技術 — 蒸着レスプロセス —】

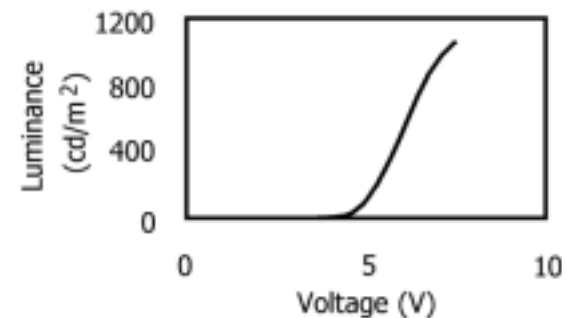
### 脱真空プロセス

高橋、古川、市川、原野、遠藤、杉山、日比野、小山、谷口  
(信州大学、日置電機、エヌエヌ精機、東海ゴム工業)  
平成16年秋季応物、3a-ZR-10

- ・蒸着法を用いないラミネート法により有機EL素子を試作する
- ・最高輝度  $1,000 \text{ cd/m}^2$  を超える発光を得た



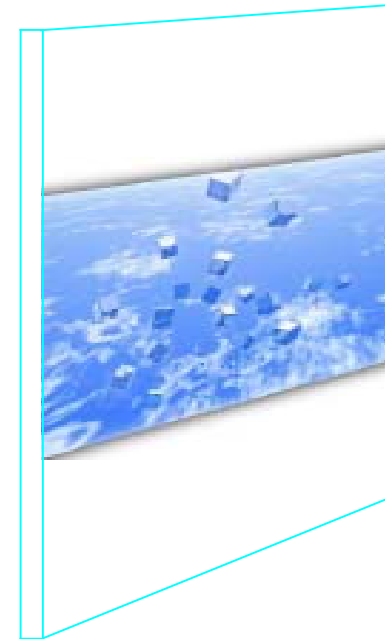
Laminator apparatus



デバイス特性

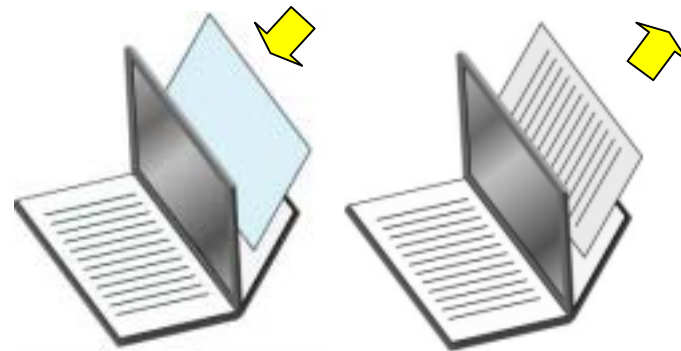
## 【目指す研究展開】

- (1) 大面積化  
Roll-to-Rollプロセス
- (2) 簡易パターンニング IJP法  
発光ポスター  
ショーウィンドウディスプレイ
- (3) 新規材料の探索  
低分子系、安定性向上、複合機能性
- (4) フレキシブル化



## 【魅力有る応用製品群】

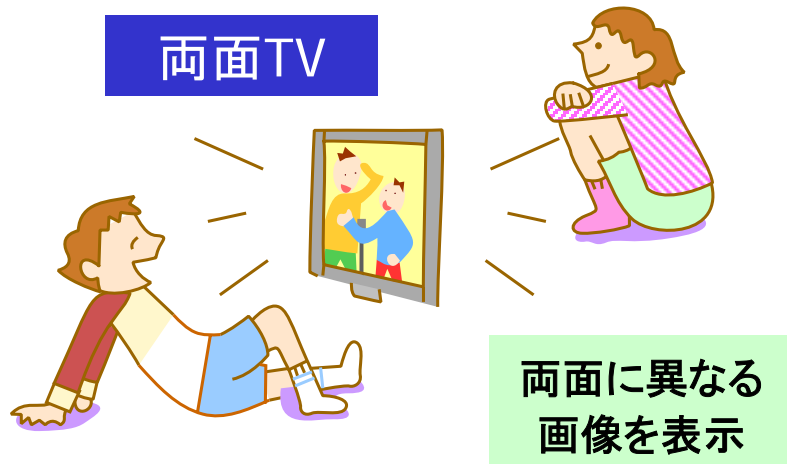
### 複合集積化によるデバイス応用例



携帯用コピー機

BOOK形  
A4読取り、印刷  
その場コピー

両面TV



両面に異なる  
画像を表示

多機能ディスプレイ



ディスプレイ  
+  
映像撮影機能