



北陸アカデミア「JST新技術説明会」

JSTホール

2009年10月8日

有機EL素子の長寿命化を実現 する陽極バッファ層

北陸先端科学技術大学院大学

マテリアルサイエンス研究科

教授 村田英幸

助教 松島敏則

概要

1. ITO電極上に超薄膜酸化モリブデン (MoO_3 や MoO_2) を正孔注入層として用いる事によって、界面制御を行っていない通常の有機EL素子と比較し、以下の特性が得られることを見出した。

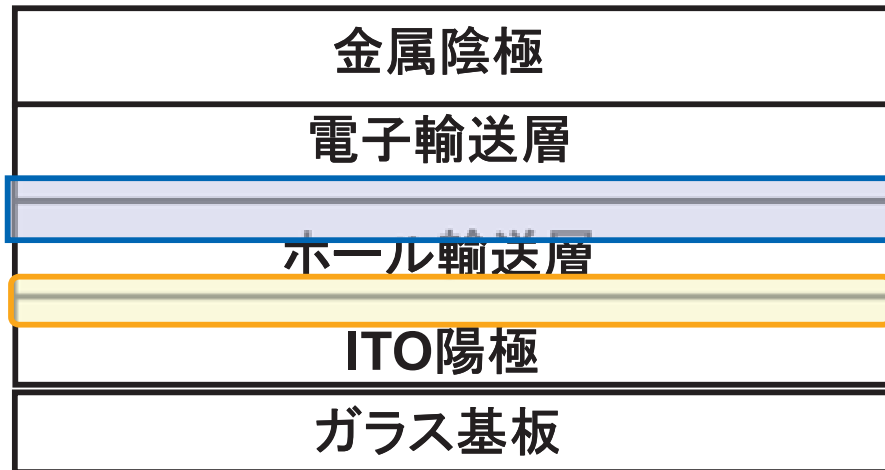
- (1) 駆動電圧：27%低下
- (2) エネルギー変換効率：15%向上。
- (3) 素子寿命：4～6倍に向上

2. 超薄膜 MoO_3 正孔注入層に加えて、混合層を正孔輸送層/発光層の界面に形成することで、以下の特性が得られる。

- (1) 駆動電圧：34%低下
- (2) 素子寿命：約9倍に向上

上記2つの技術用いることで、 Alq_3 を発光層とした有機EL素子においても、初期輝度 1000cd/m^2 で6,500時間、 100cd/m^2 では326,000時間（37年間）の高寿命素子の実現可能である。

研究背景



典型的な有機EL素子の構造

(2) 有機/有機界面のキャリア注入障壁

(1) 電極/有機界面のキャリア注入障壁

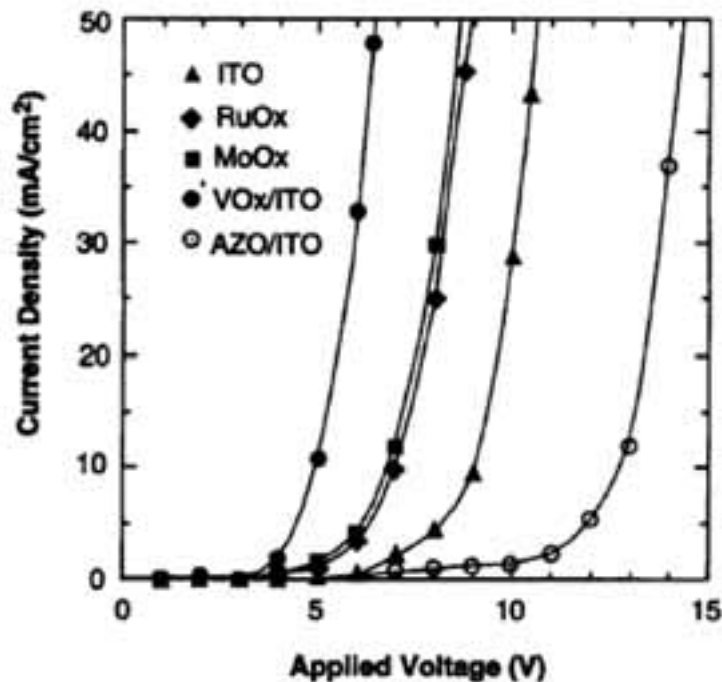
(1) 電極/有機界面と有機/有機界面のキャリア注入障壁を低減することによって、有機EL特性(駆動電圧と発光効率)が改善できる。

(2) 電極/有機界面と有機/有機界面制御が素子寿命を劇的に改善する。

過去の研究例

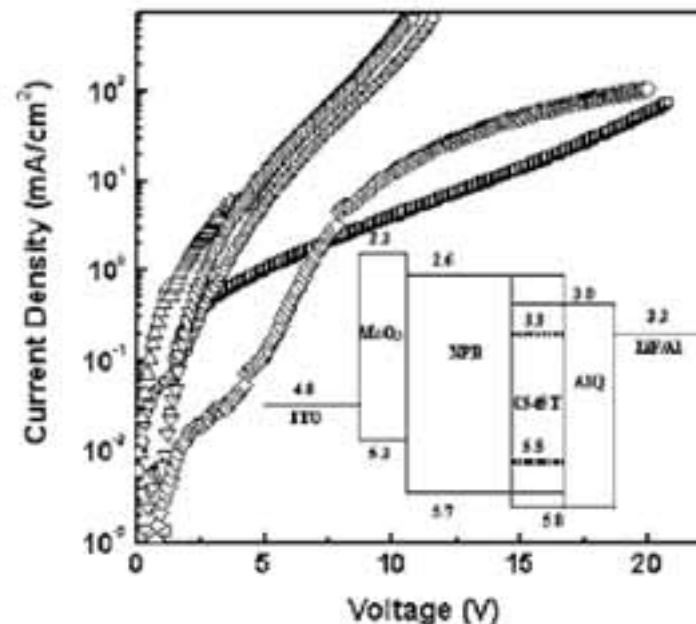
電極/有機界面への MoO_3 ホール注入層の使用

MoO_3 の膜厚は30 nm



S. Tokito *et al.*,
J. Phys. D: Appl. Phys. **29** 2750 (1996).

MoO_3 の膜厚は5 nm以上

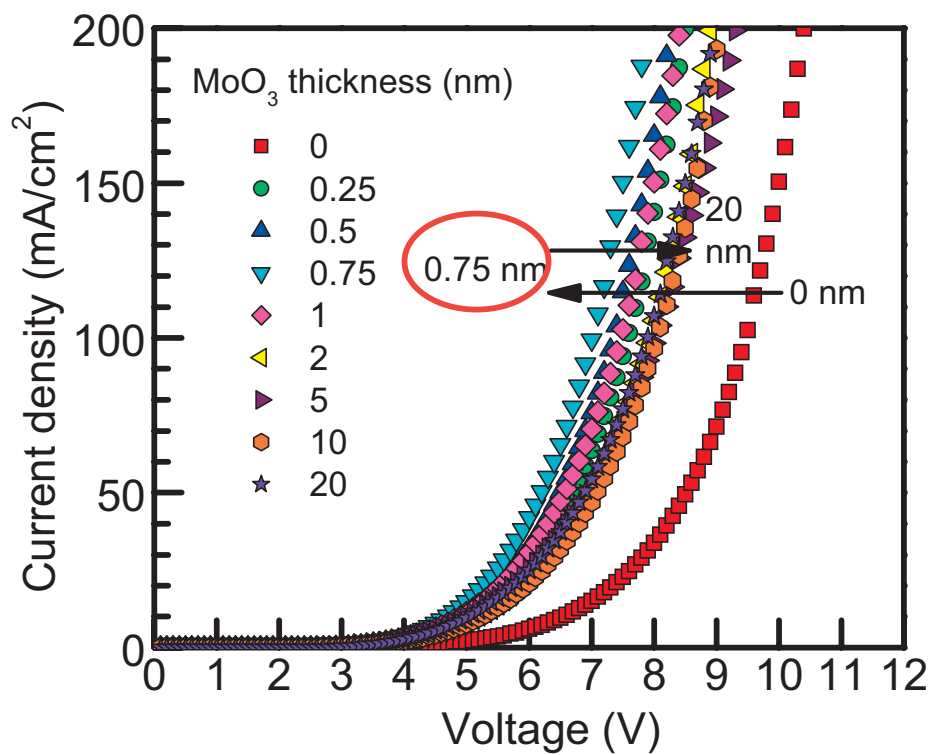


H. You *et al.*,
J. Appl. Phys. **101** 026105 (2007).

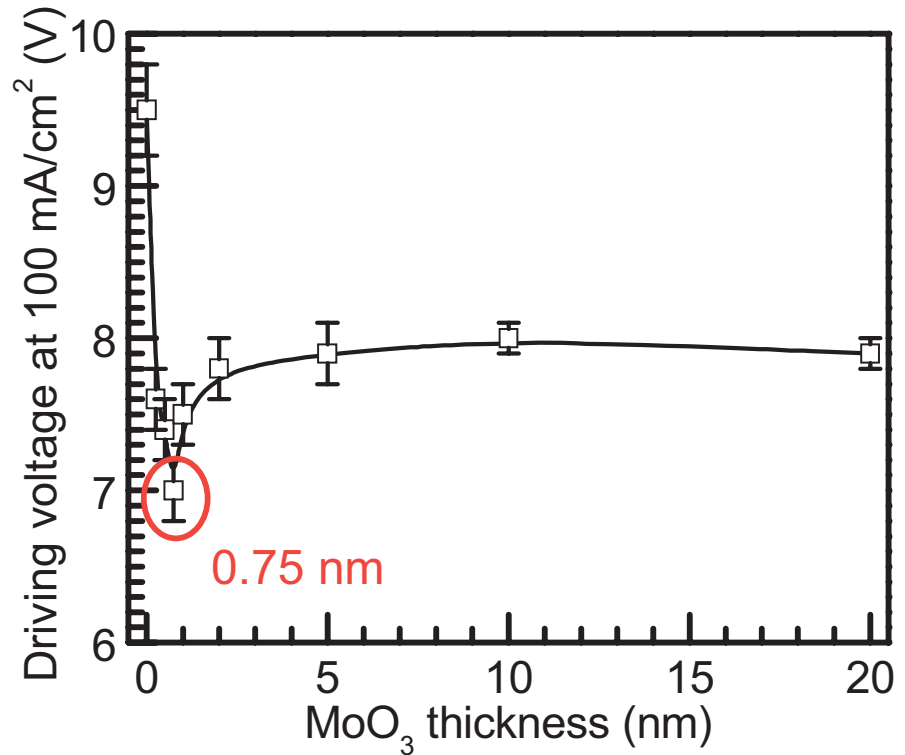
- 過去の報告で使用されている MoO_3 膜厚は2 nm以上である。
- 今回の報告では最適な MoO_3 膜厚が存在することを見出した。
→ 有機EL素子の駆動電圧, エネルギー変換効率, 寿命がさらに改善された。

超薄膜MoO₃をホール注入層とした
有機EL素子の素子特性の改善

MoO₃層の挿入により駆動電圧が27%低減した.



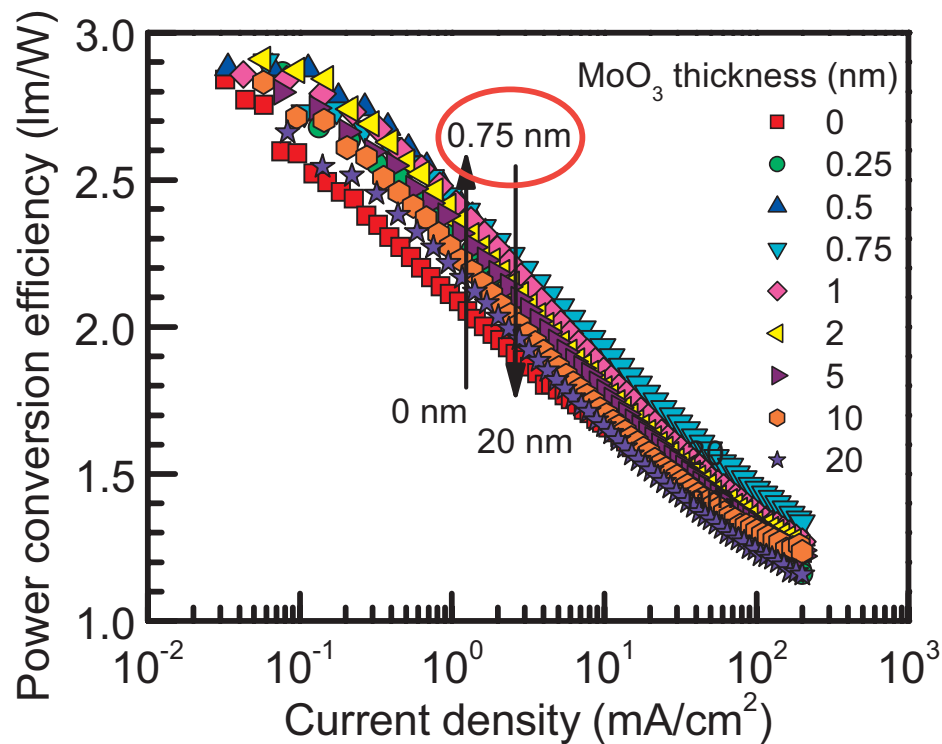
電流密度-電圧特性



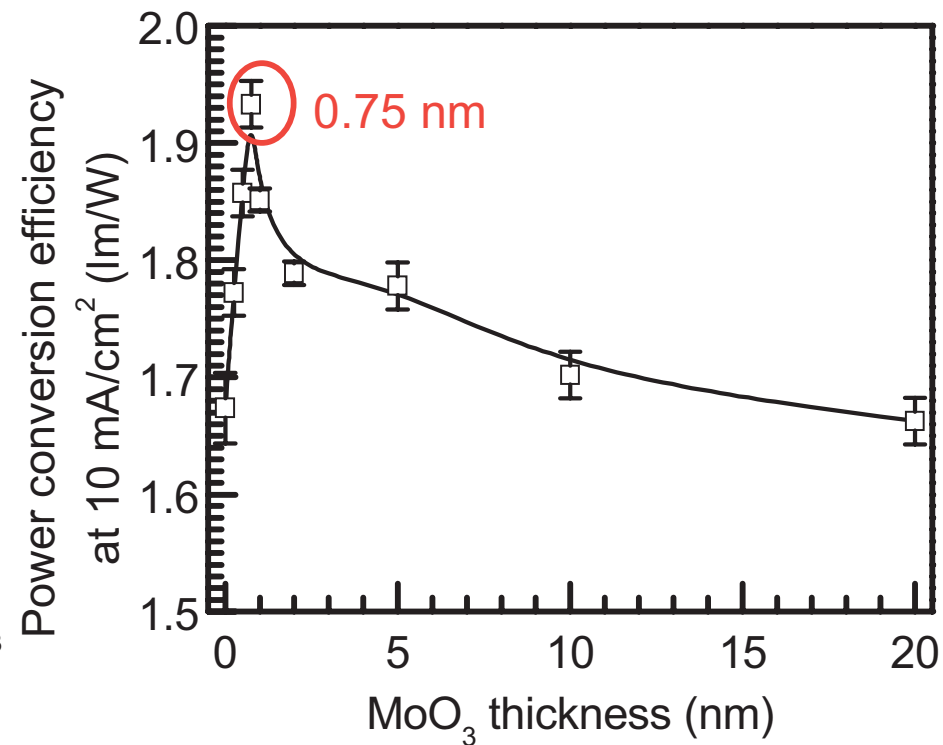
駆動電圧-MoO₃膜厚特性

MoO₃ を用いることで、駆動電圧が9.5Vから7.0Vに低減されることがわかった。

駆動電圧の低減によりエネルギー変換効率が15%向上.

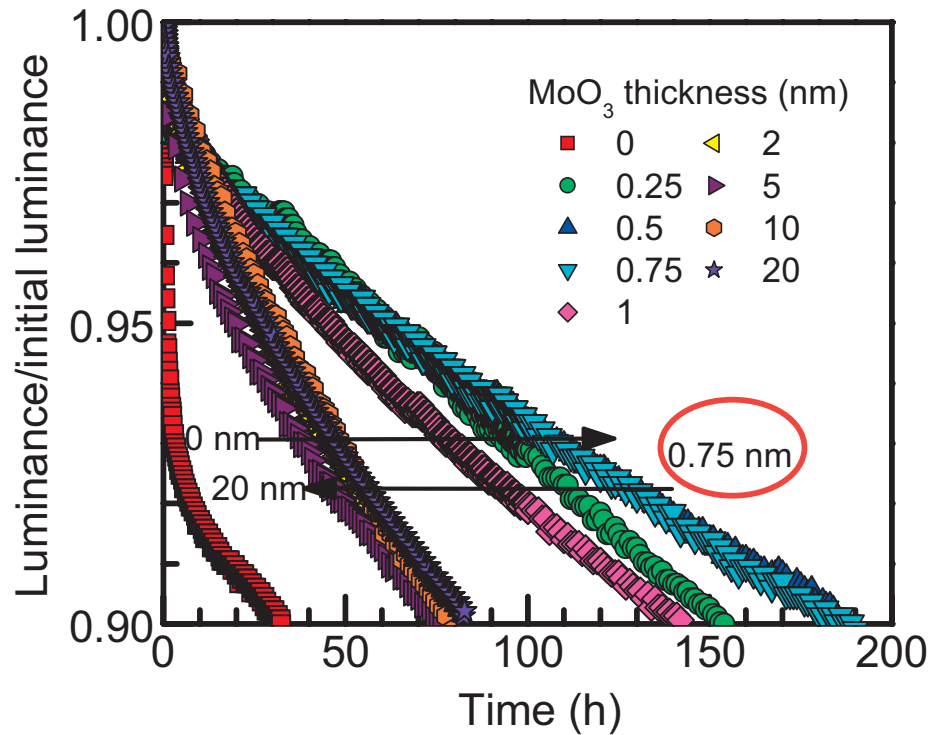


エネルギー変換効率-電流密度特性



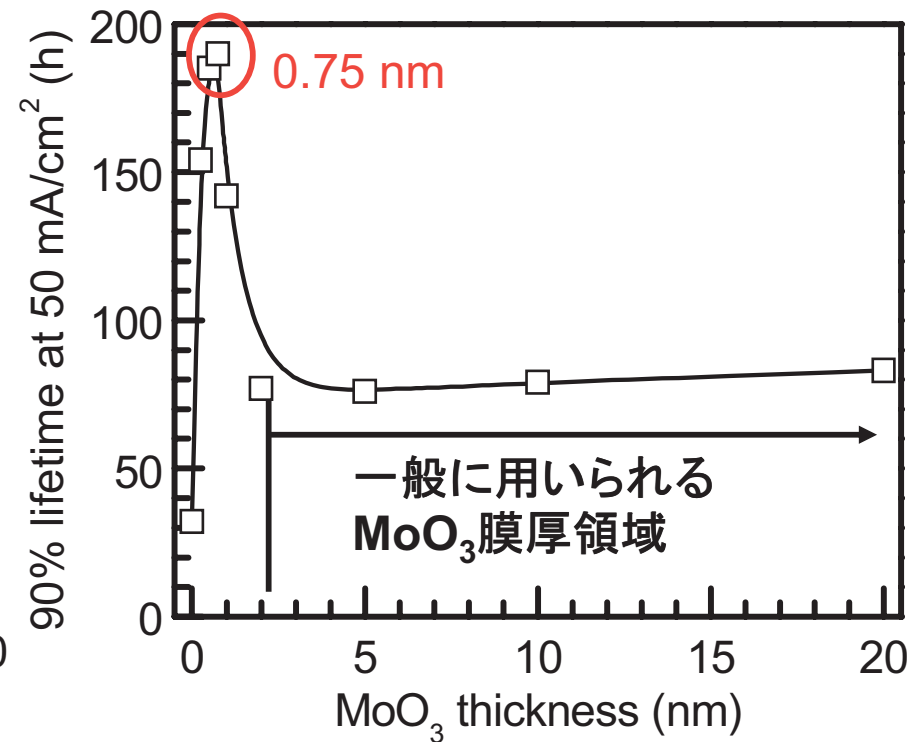
エネルギー変換効率-MoO₃膜厚特性

0.75nmの超薄膜MoO₃挿入により素子寿命が約6倍に向上.



寿命特性

(50 mA/cm²定電流密度駆動,
初期輝度は約1500 cd/m²)

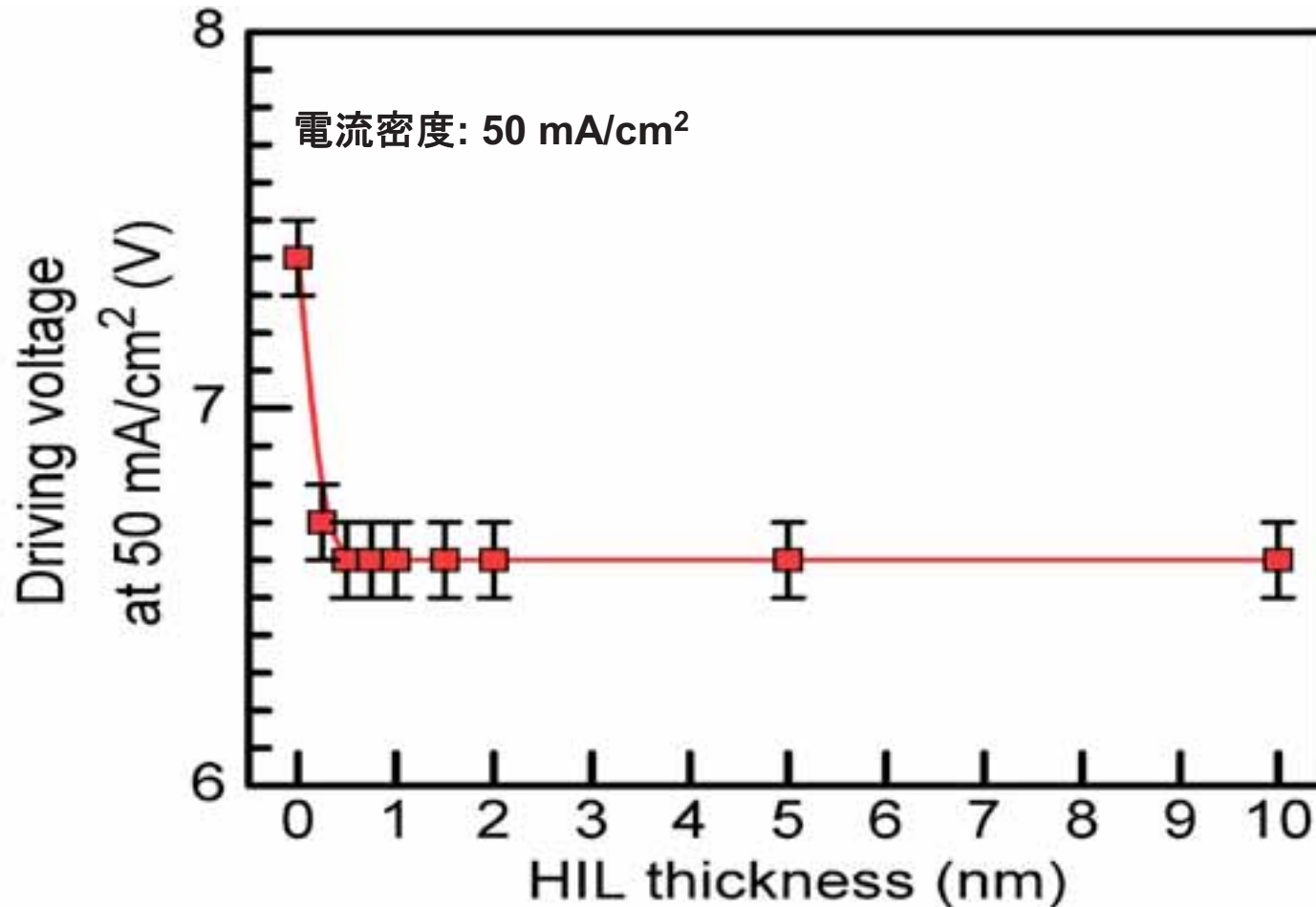


寿命-MoO₃膜厚特性

MoO₃膜厚2nm以上では寿命
向上への寄与が小さい

駆動電圧の MoO_2 膜厚依存性

ITO (150 nm)/ MoO_2 (X nm)/ α -NPD (60 nm)/ Alq_3 (65 nm) /LiF (0.5 nm)/Al (100 nm)

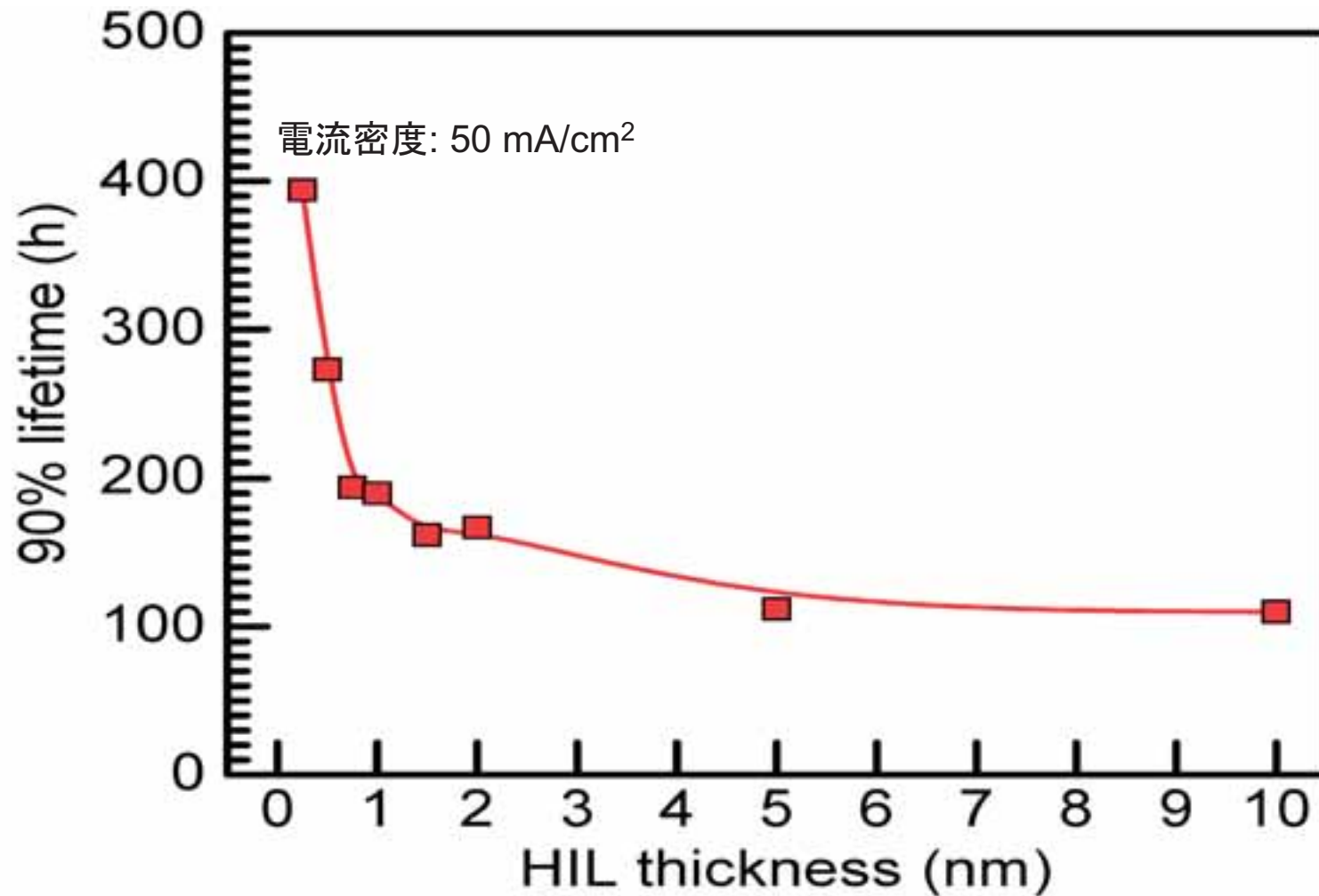


MoO_2 を用いることで、駆動電圧が7.4Vから6.6Vに低減されることがわかった。

MoO_2 膜厚0.25nmで急激に電圧の低下がみられ、0.5nm以上では一定となった。

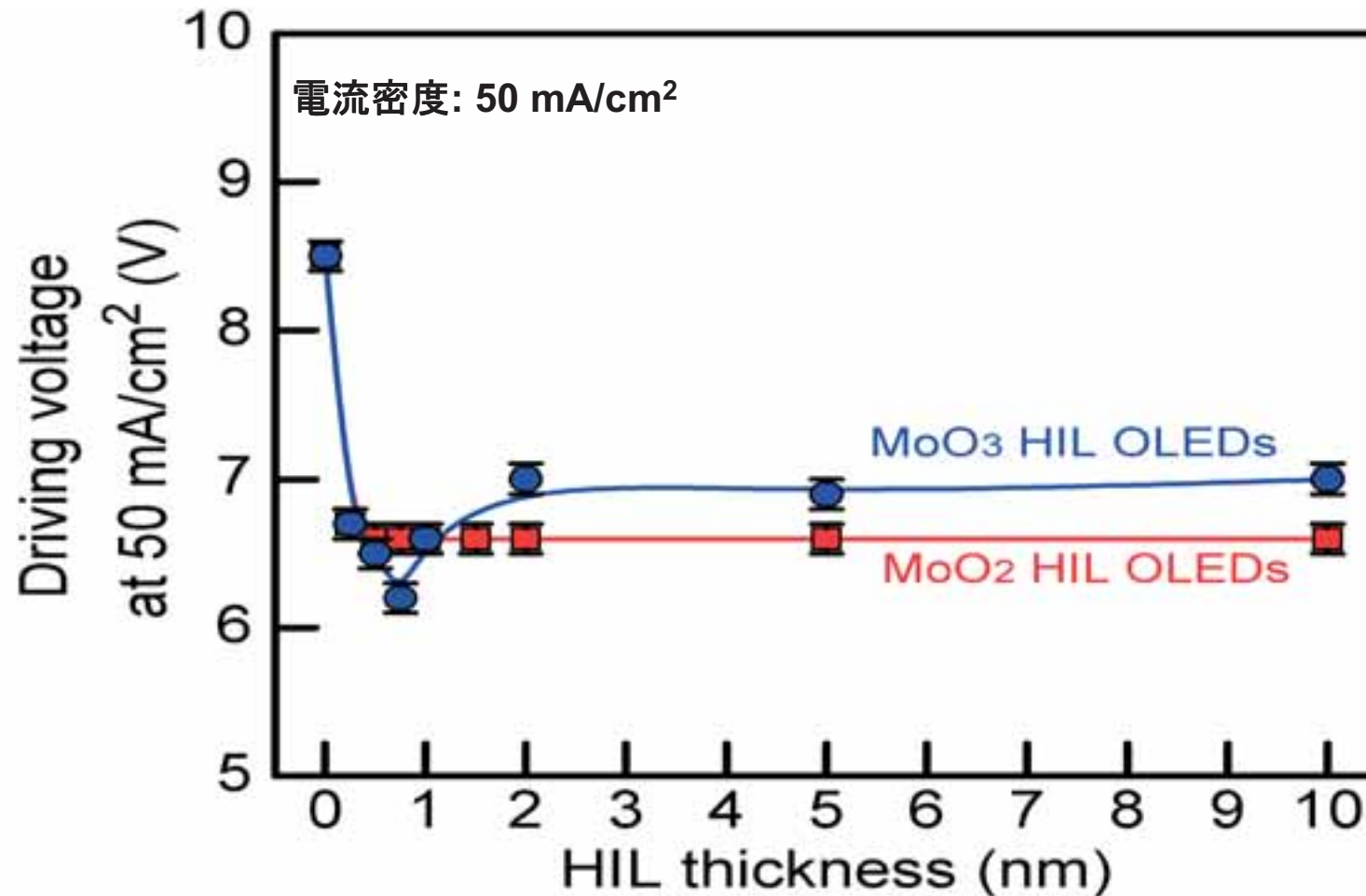
一定電流 (50 mA/cm²) 駆動時の90%寿命の MoO₂膜厚依存性

ITO (150 nm)/MoO₂ (X nm)/ α -NPD (60 nm)/Alq₃ (65 nm) /LiF (0.5 nm)/Al (100 nm)



MoO₃とMoO₂の比較: 駆動電圧

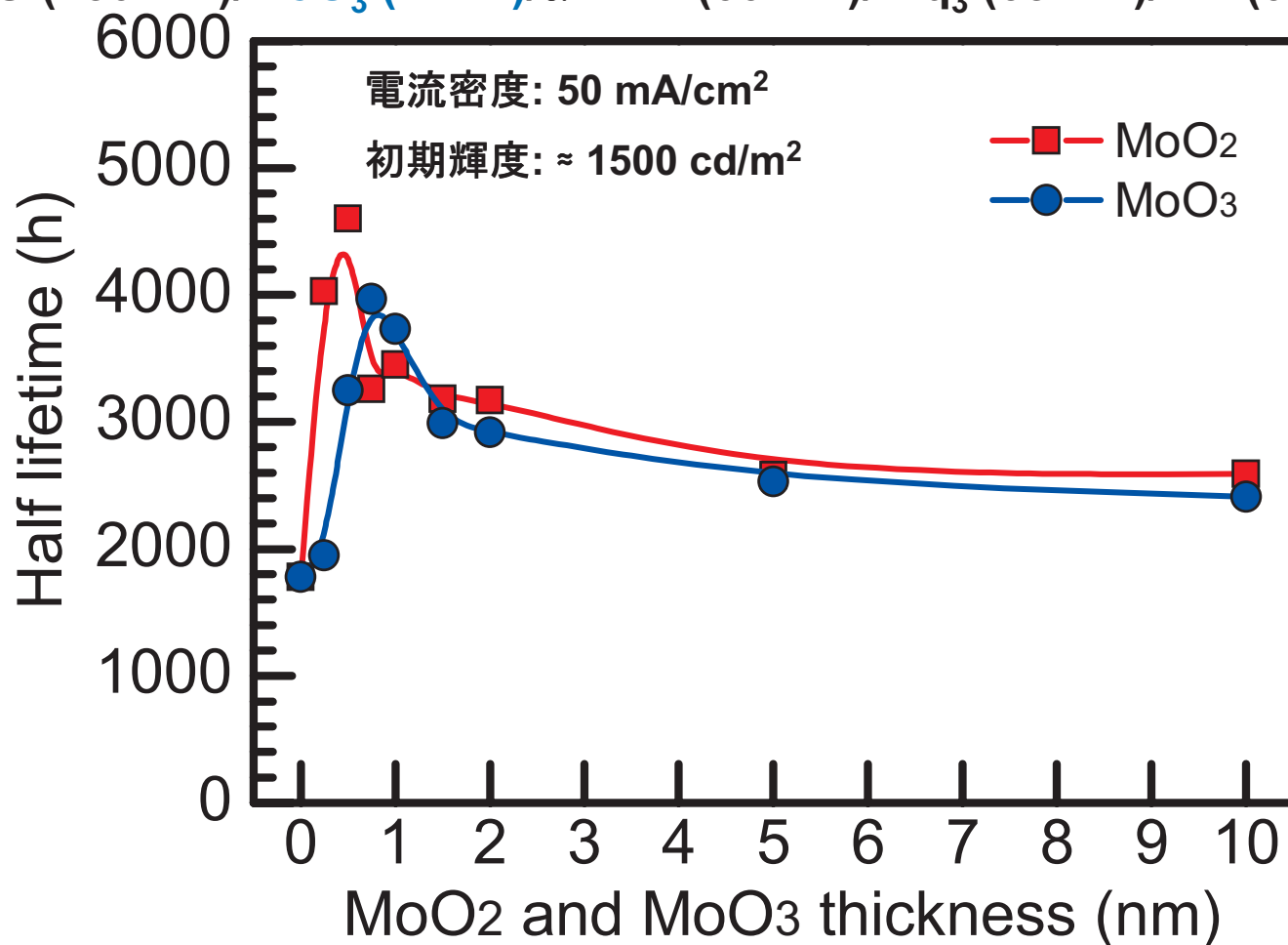
- (1) ITO (150 nm)/MoO₂ (X nm)/ α -NPD (60 nm)/Alq₃ (65 nm)/LiF (0.5 nm)/Al (100 nm)
- (2) ITO (150 nm)/MoO₃ (X nm)/ α -NPD (60 nm)/Alq₃ (65 nm)/LiF (0.5 nm)/Al (100 nm)



MoO₃とMoO₂の比較: 素子の50%寿命

(1) ITO (150 nm)/MoO₂ (X nm)/ α -NPD (60 nm)/Alq₃ (65 nm)/LiF (0.5 nm)/Al (100 nm)

(2) ITO (150 nm)/MoO₃ (X nm)/ α -NPD (60 nm)/Alq₃ (65 nm)/LiF (0.5 nm)/Al (100 nm)

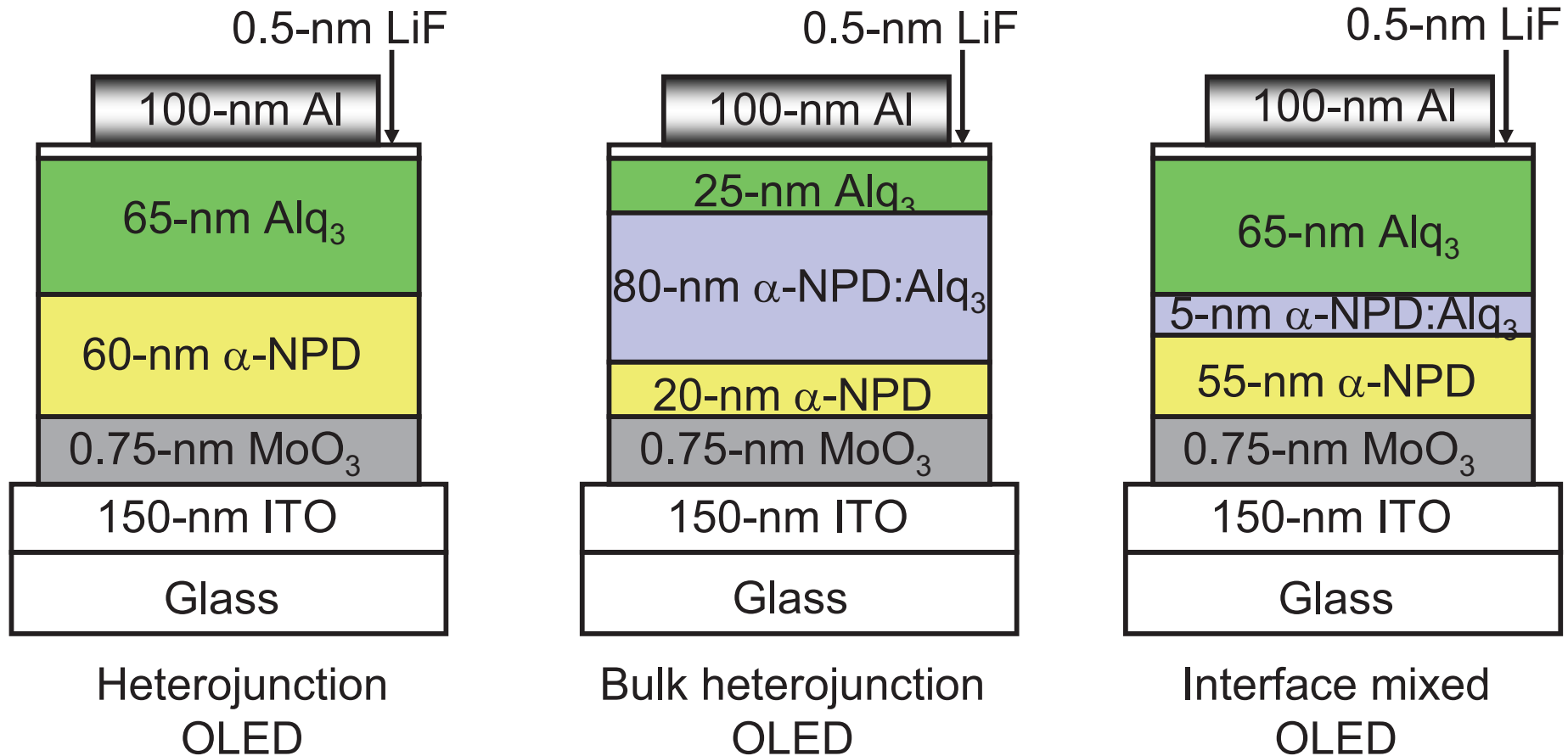


他の正孔輸送層への酸化モリブデンバッファー層 の適用性

PD, 2-TNATA, CuPcなどの他の有機材料に対しても,
同様の寿命向上効果が得られる事を確認した.

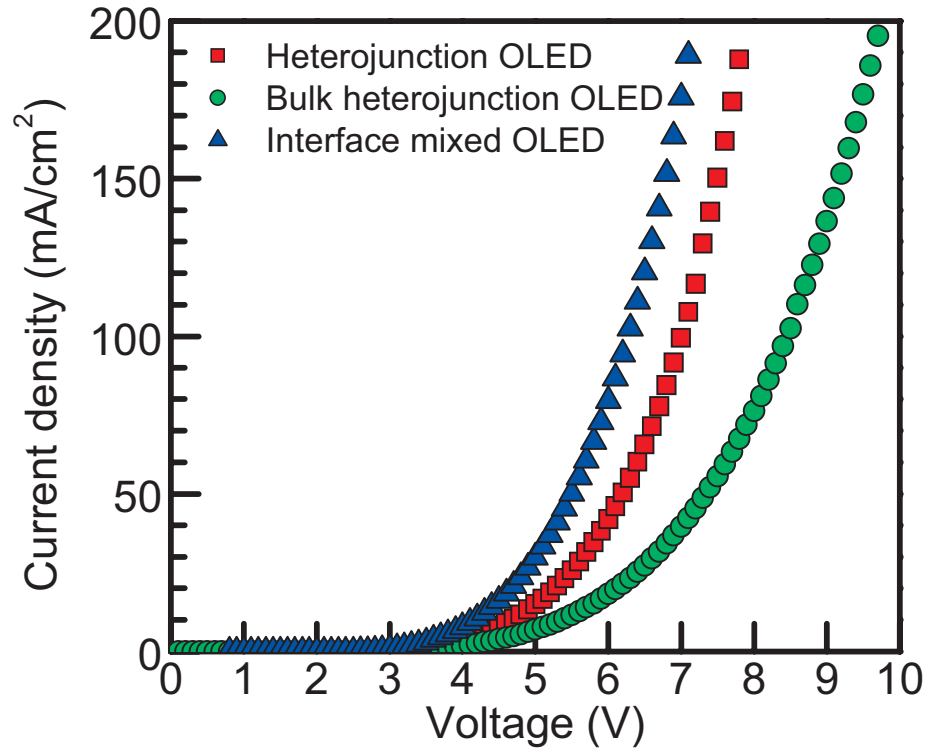
有機／有機界面混合層を用いた
有機EL素子の素子特性の改善

比較した素子構造



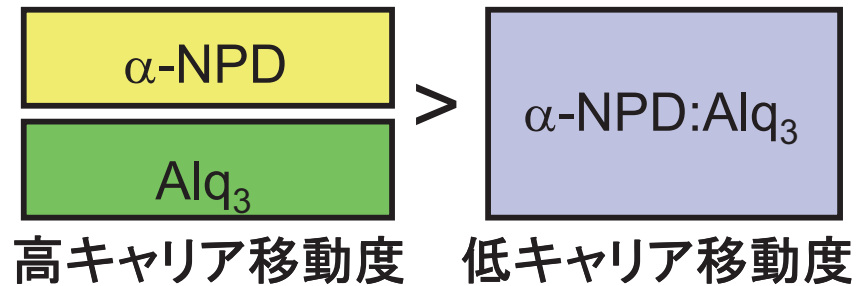
- α-NPDとAlq₃の混合比は50 : 50 mol%
- 有機層のトータル膜厚は125 nm

界面混合層の形成による駆動電圧の低減



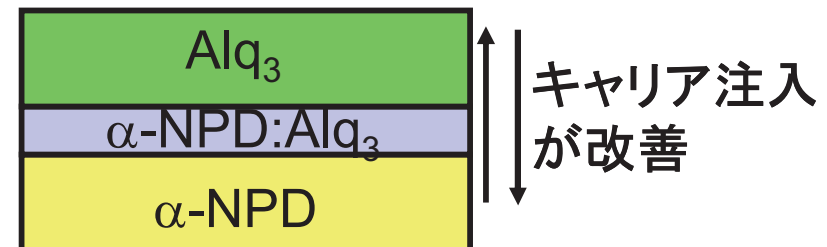
電流密度-電圧特性

Bulk heterojunction OLED



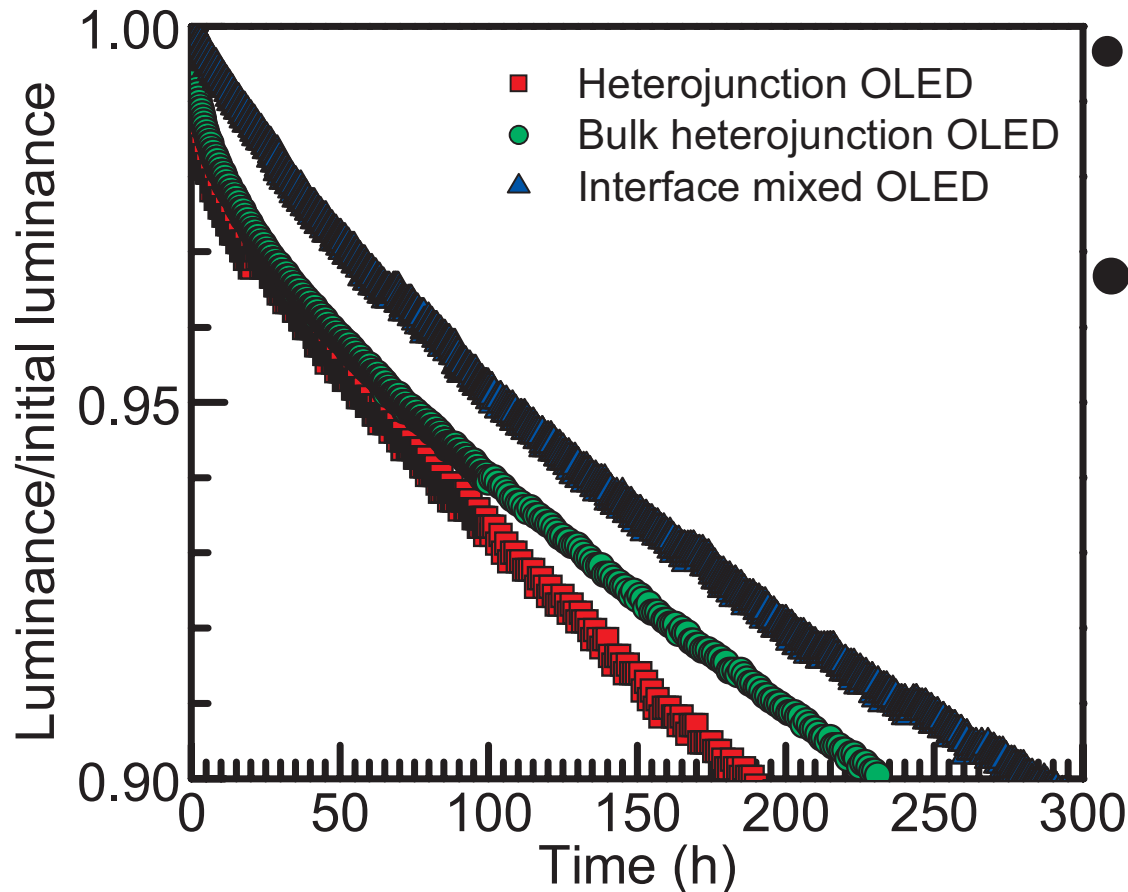
S.-W. Liu *et al.*,
Proc. of SPIE **6333** 63331R (2006).

Interface mixed OLED



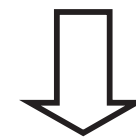
界面混合層の形成によって最低の駆動電圧が得られた。

混合層の形成によってさらなる素子寿命の向上を実現



- 駆動電圧の低減によるストレスの低下

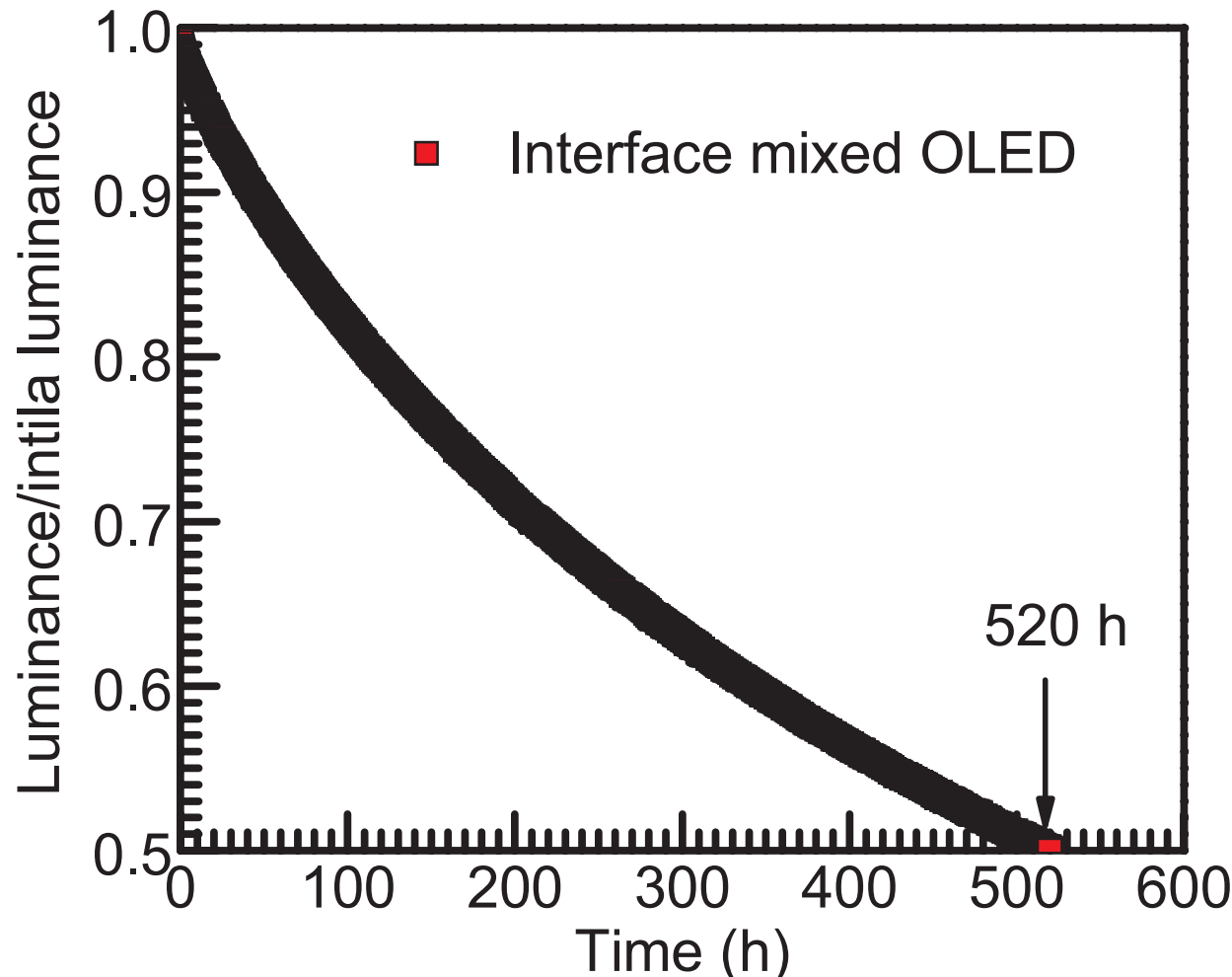
- 有機／有機界面におけるキャリア注入効率の向上



素子寿命の向上

(50 mA/cm²定電流密度駆動, 初期輝度は約1500 cd/m²)

有機／有機へテロ界面層への薄膜混合層の挿入によって 有機EL素子の高寿命化を実証



$$L_0^n \cdot t = \text{const}$$

L_0 : 初期輝度

t : 寿命

n : 加速係数(1.7)

4420 cd/m² → 520 h

1000 cd/m² → 6,500 h

500 cd/m² → 21,000 h

100 cd/m² → **326,000 h**

(150 mA/cm²定電流密度駆動, 初期輝度4420 cd/m²)

超薄膜MoO₃をバッファ層に用いた 有機EL素子に関するまとめ

- (1) 超薄膜MoO₃を用いることで、ITOと α -NPD界面がオーミック接触となり、 α -NPDの空間電荷制限電流を観測.
- (2) オーミック接触の形成と界面混合によるキャリア注入の改善効果で、駆動電圧と素子寿命を改善できることを実証.
- (3) Alq₃を発光層とした有機EL素子において、初期輝度100 cd/m²で326,000時間の高寿命を達成.

新技術の特徴・従来技術との比較

本技術の特徴は、限界まで挑んだ最適化のノウハウです。

- ・電極/正孔輸送層の界面に正孔注入層として挿入する酸化モリブデンバッファ層の膜厚に最適な値があり、その厚さは1nm以下であることを見出した点。
- ・正孔輸送層/発光層の界面に混合層を形成することの効果をあわせて、駆動電圧34%の低減と長寿命化9倍の両立を達成できた点。

実用化に向けた課題

- 酸化モリブデンの有効性について、多くの有機材料に適用できることを確認済み。
- ラボサイズの小型EL素子については寿命の再現性を含めて確認済み。しかし、大型パネルでの実証試験（膜厚均一性、製造プロセスへの適合性）が未評価である。
- 実用化に向けて、酸化モリブデン層膜厚の膜厚許容度を大面積素子で確認する必要がある。

企業への期待

- 本技術を有機ELパネルや有機EL照明の製造工程に組み込み, 実証実験を実施可能な企業との共同研究を希望.

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 有機EL素子
- 出願番号 : 国際出願番号 PCT/JP2008/070497
優先権主張(特願2007-294452)
- 出願人 : 北陸先端科学技術大学院大学
- 発明者 : 村田英幸, 松島敏則

- 発明の名称 : 有機EL素子
- 出願番号 : 特願2009-111726 (H21.5.1出願)
- 出願人 : 北陸先端科学技術大学院大学
- 発明者 : 村田英幸, 松島敏則

お問い合わせ先

ご静聴有難うございました！

お問い合わせは、下記までお願い致します。
お待ちしております。

北陸先端科学技術大学院大学

山本 外茂男コーディネーター

TEL 0761-51-1075

FAX 0761-51-1427

e-mail ytomoo@jaist.ac.jp