

四面对向式低ダメージカソードで成膜した上部 ITO 電極の評価

○岩田 寛¹ 徳田 勇一¹ 櫻井 一貴¹

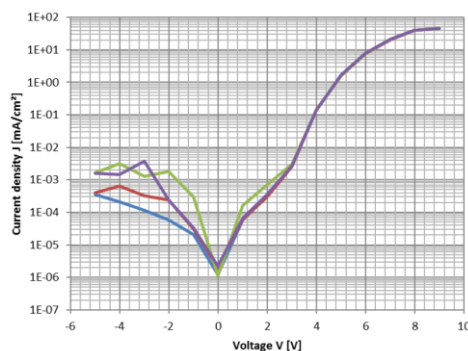
¹ 京浜ラムテック株式会社 新規事業開発室

email : h-iwata@ramtech.jp

マグネトロン磁場を採用した四面对向式の低ダメージスパッタカソードを新たに開発し、有機 EL 上部電極への適合性を評価した。その結果、J-V 特性では-5V 印加時の電流密度 $0.0016\text{mA}/\text{cm}^2$ 以下、L-V 特性では $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 時の動作電圧 6.46V、寿命試験では 410 時間経過後の輝度低下 8%以下であった。Al 上部電極を平板式マグネトロンスパッタで成膜したときのそれぞれの文献値は $0.1\text{mA}/\text{cm}^2$ 、4.2V、32% (330 時間経過後) [1]である。双方を比較すると、動作電圧以外は四面对向式カソードの方が大幅に良好な結果が得られていることが確認できた。

<緒言>

近年、透過型の有機 EL ディスプレイが求められる中、ITO 透明電極による上部電極のニーズが高まっているが、ITO は抵抗加熱真空蒸着法でしか成膜できていないため、スパッタリング法による成膜が期待されている。しかし、通常の平板式マグネトロンスパッタリング法ではターゲットで反射される高エネルギースパッタガスが基板ないし下地膜へダメージを与えてしまうため有機 EL 素子の性能を劣化させてしまうという問題がある。そこで我々は、マグネトロン磁場を採用した四面对向式の低ダメージスパッタカソードを新たに開発し、有機 EL 上部電極への適合性を評価した。その結果、L-V 特性に課題が残るものの J-V 特性および寿命試験で良好な値が得られた。



(a) J-V 特性

<実験>

図 1 に示す断面の四面を囲った対向式ターゲットカソードを使用して、図 2 に示す評価用有機 EL 素子サンプルの上部電極として ITO を成膜した。成膜装置は大気暴露せずに HIL から ITO まで成膜可能なものを使用し、ITO には搬送成膜法を用いた。

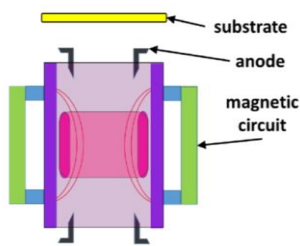
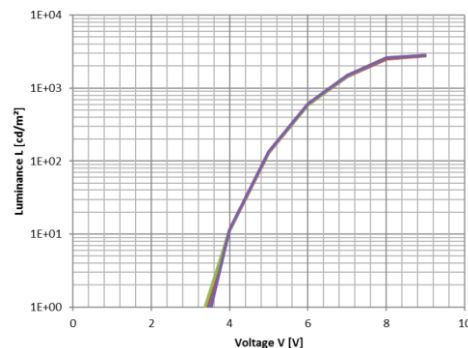
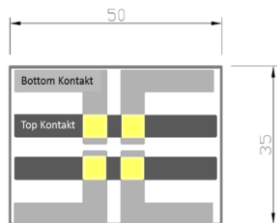


図 1．四面对向カソード



(b) L-V 特性

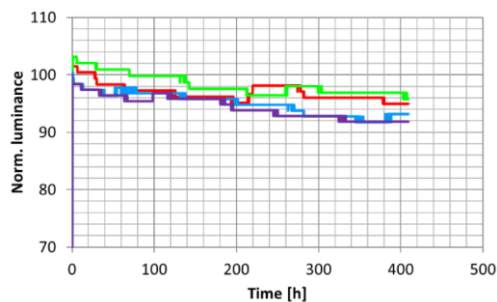


ITO
protection layer
HTL
CGL
ETL
EML
HTL
HIL
bottom contact

(a) 上から見たサンプル (b) 素子部の層構成
図 2．評価用有機 EL 素子サンプル

<結果・考察>

四面对向式低ダメージカソードの成膜条件を最適化したときの J-V 特性、L-V 特性、寿命試験の結果を図 3 に示す。同一サンプル内に形成された 4 つの有機 EL 素子毎で若干バラツキ

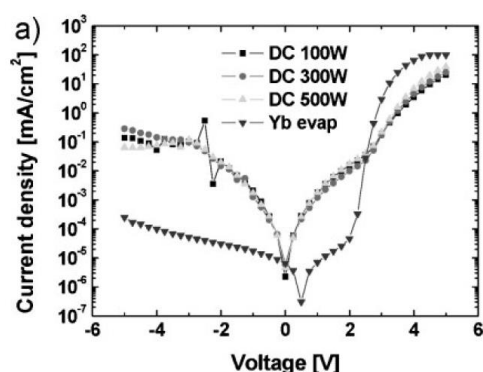


(c) 寿命試験

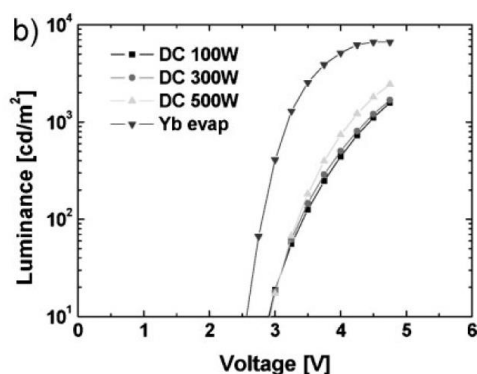
(エージング電流密度： $10\text{mA}/\text{cm}^2$)

図 3．四面对向式カソードによる結果

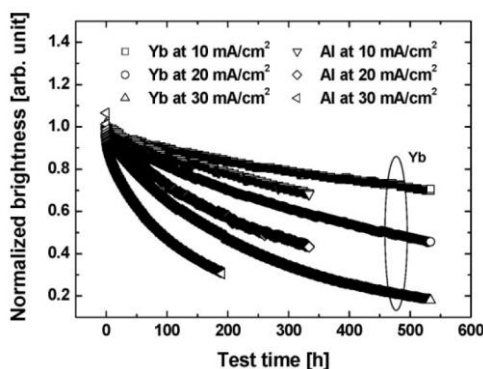
はあるが、J-V 特性では-5V 印加時の電流密度 0.0016mA/cm^2 以下、L-V 特性では 1000cd/m^2 時の動作電圧 6.46V 、寿命試験では 410 時間経過後の輝度低下 8%以下という良好な結果が得られた。これらの結果を図 4 に示す Al 上部電極を通常の平板式マグネトロンスパッタで成膜した文献からの引用データ[1]と比較すると、それぞれ 0.1mA/cm^2 、 4.2V 、32% (330 時間経過後) であり、動作電圧以外は四面对向式カソードの方が大幅に良好な結果が得られていることが確認できた。



(a) J-V 特性[1] (DC を参照)



(b) L-V 特性[1] (DC を参照)



(c) 寿命試験[1] (▽を参照)

図 4. 平板スパッタを用いた結果[1]

また、従来の二面对向式カソードにより Al 上部電極を成膜して動作電圧を評価した結果は 10.4V (1000cd/m^2 時) [2]であったため、四面对向式カソードの 6.46V の方が優っていた。

上部電極として ITO を四面对向式カソードで成膜した有機 EL 素子サンプルの J-V 特性における-5V 印加時の電流密度が低く良好であった結果の理由は、整流特性を損ねていないことから低ダメージ性の効果であると考えられる。L-V 特性において動作電圧が十分に低くない結果の理由は、ITO とその下地層との界面抵抗が高く電圧降下が起きていることが考えられる。寿命試験に関しては、Yb 蒸着膜の結果である 410 時間経過後の 25%低下[1]と比較しても四面对向式カソードが 8%以下と良好な結果になったことの理由は、図 5 に示すように、本カソードで成膜した ITO 膜中に存在する Ar の量が多い[3]ことと相関があると考えている。

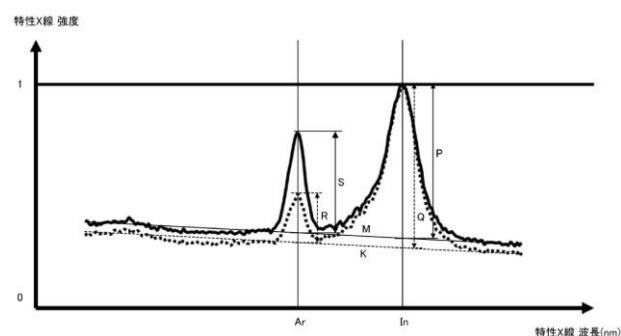


図 5. EPMA による ITO 膜中 Ar 量[3]
(実線：四面对向式低ダメージカソード)
(点線：平板式マグネトロンスパッタ)

<今後の課題>

今後は L-V 特性の改善を主目標に、成膜パラメーターを更に最適化させる評価をおこないつつ、寿命試験については 1000 時間経過後まで評価を継続することにより、四面对向式スパッタカソードにおける低ダメージ性能の向上を図る。また、上記した ITO 膜中 Ar 量と低ダメージ性能との相関研究を進める。

<参考文献>

- [1] T.H.Gil et al., Plasma Process. Polym. 2009.
- [2] Y.Hoshi et al., 応用物理学会予稿. 2017 春.
- [3] H.Iwata, 特願 2019-157956