

有機 EL デバイス作製用誘導加熱式小型蒸着源の開発

○末永 真吾¹, 政田 英昭¹, 二宮 秀行¹,

小林 慎一郎², 武田 謙吾³, 藤本 弘², 宮崎 浩³, 青江 一規¹

¹長州産業株式会社, ²有機光エレクトロニクス実用化開発センター (i³-opera), ³株式会社アイヒーティング

E-mail: aoe.kazunori@choshu.co.jp

温度制御性に優れた誘導加熱方式を用いた小型蒸着源について検討を行った。従来のくびれ型るつぼを誘導加熱に適用することで、るつぼ温度や成膜速度のハイレスポンスな制御性に加えて、膜厚と面内膜厚分布の極めて高い再現性も得られた。これらの特性は材料量や成膜速度に依存しないため、極少量の有機材料でも短時間かつ再現性の高いデバイス製作が可能となった。

< 緒言 >

有機材料用蒸着源として主流である抵抗加熱方式 (RH) に対し、誘導加熱方式 (IH) の蒸着源は金属るつぼを直接加熱することができるため温度制御性に優れ、ハイレスポンスで高精度な成膜速度制御が可能である。そのため、デバイス作製時の成膜速度の調整が非常に早く、短時間かつ再現良くデバイスを作製することが可能である。過去には、デバイス特性において従来の RH と同等であることが報告されている[1]。また、デバイス作製時間が短いほどデバイス寿命は向上することが報告されており[2]、IH 式蒸着源では寿命が延びる可能性についても示唆されている[1]。一方、再現良くデバイスを作製するためには、膜厚の再現性も蒸着源の重要な性能の一つである。従来のボート型蒸着源では、中蓋式の昇華ボートに代表されるような形状が使われる。これをるつぼ型蒸着源に応用し、膜厚再現性の高い蒸着源が報告されている[3]。

本研究では、図1に示すような自社オリジナル技術である、従来の RH 用くびれ型るつぼを金属製にすることで IH 式加熱に適用できることに着目した。

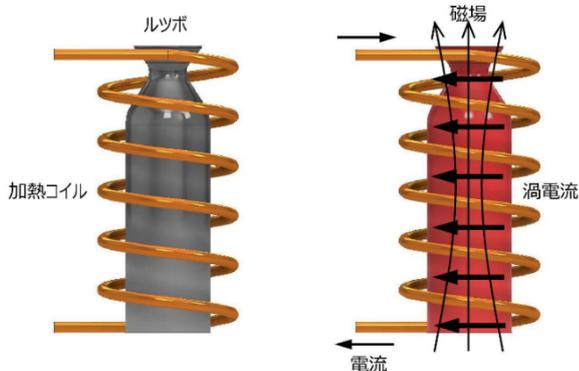


図1. 誘導加熱によるくびれ型るつぼの加熱イメージ

このるつぼは出口付近にくびれを設けることで、材料の投入量や経時的変化、成膜速度に関わらず分布形状を安定させることを特長とする。このるつぼと IH 式蒸着源を融合した新型の蒸着装置で有機材料の成膜特性について検討を行った。

< 実験 >

るつぼは、容量 5 cc の金属製くびれ型るつぼを使用した。蒸着装置は自社製の装置を用い、基板回転中心からオフセットされた位置に蒸着源を配置して成膜した。基板面内を中心から 10mm ステップで 100mm までエリプソメータを用いて測定した。

< 結果・考察 >

まず、くびれ型るつぼを用いた時の面内膜厚分布と膜厚の再現性を確認した。図2に、Alq₃ を 1.0g 充填したときの連続成膜結果を示す。設定膜厚は 500 Å、成膜速度は 1.0 Å/s とし、5 時間連続運転中に 30 分毎に計 10 回の成膜を行った。結果として、膜厚分布は全ての成膜で ±0.7% 以下であり、各

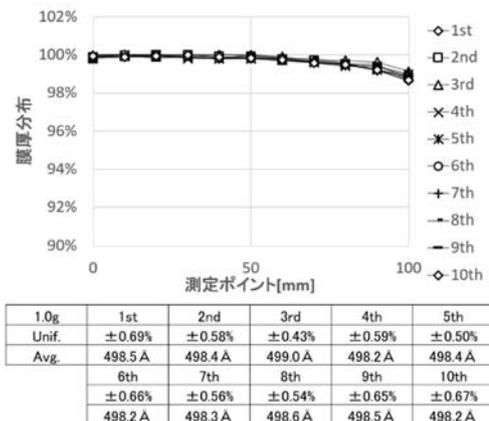


図2. 膜厚の面内分布と平均膜厚の再現性

成膜間の平均膜厚のバラツキは±0.081%であった。連続運転後の材料残量は0.3gであり、初期充填量から70%消費しても膜厚分布および平均膜厚は変化しないことが確認された。

図3に、成膜速度を変えた時の膜厚分布の結果を示す。材料充填量は、各成膜速度において1.0gとした。成膜速度は低成膜速度から高成膜速度まで6段階に分け、0.025 Å/s から 2.0 Å/s とした。最大 80 倍の成膜速度差があるにも関わらず、分布形状に変化は見られなかった。

このように、くびれ型をつぼを用いることで材料量に依存せず、さらに幅広い成膜速度領域においても、蒸発分子が一定に飛んでいることが確認できた。

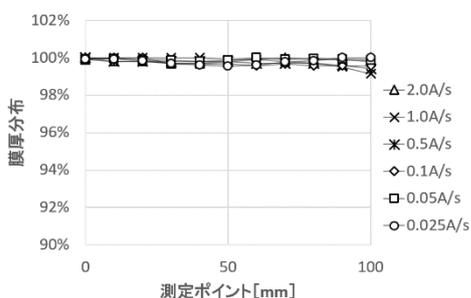
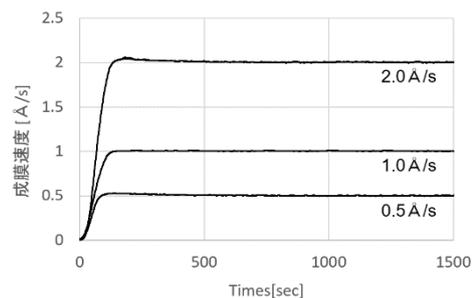


図3. 成膜速度を変えた時の面内膜厚分布

次に、成膜速度制御性について確認した。一般に、デバイス作製時には目標とする成膜速度まで到達し安定してから成膜が開始される。特に共蒸着においては、成膜速度の安定性はドーブ濃度に影響するため非常に重要である。図4に、成膜速度制御時の安定性と立ち上がり時間を示す。目標成膜速度までの到達時間は、各成膜速度において約100secと短時間であり、さらに±1%程度の成膜速度変動で安定させることができた。

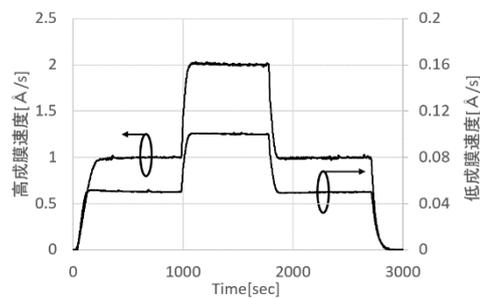
図5は、成膜速度可変における安定までの時間を高成膜速度と低成膜速度で比較した結果である。どの成膜領域においても80sec程度で可変させることができた。これによりドーブ濃度を可変させるようなデバイスも短時間で作製することが可能である。

以上の結果より、IH 式小型蒸着源と金属製くびれ型をつぼの組合せにより、制御性と再現性の高い蒸着源が実現した。この IH 式蒸着源は、多源配置において隣に設置した蒸着源との干渉、膜厚計への影響も殆ど無い。また、従来の IH 電源では、蒸着チャンバーと制御盤が離れているような装置ではケーブルを非常に長くする必要があるのであるため、蒸着装



	0.5 Å/s	1.0 Å/s	2.0 Å/s
到達	100sec	105sec	113sec
MAX	0.5104 Å/s	1.013 Å/s	2.036 Å/s
MIN	0.4982 Å/s	0.9986 Å/s	2.004 Å/s
±%	±1.21%	±0.72%	±0.81%

図4. 成膜速度安定性と立ち上がり時間



1.0 Å/s → 2.0 Å/s	86sec
2.0 Å/s → 1.0 Å/s	88sec
0.05 Å/s → 0.1 Å/s	83sec
0.1 Å/s → 0.05 Å/s	81sec

図5. 成膜速度可変性能

置への設置が難しかった。今回、IH 制御ユニット(小型 AC 電源+IH に特化した PID システム)と蒸着源を一体型にすることで、制御性が向上するばかりでなく無駄な消費電力が抑制され、電源出力が40W程度で最高500°Cの加熱が可能な蒸着源システムの製品化に目途を付けることができた。

このような IH 方式による高い制御性の達成は、デバイス作製時間の短縮化と極少量材料でのデバイス作製を可能にし、デバイス特性の安定化に貢献できる技術である。

文 献

- [1] S. Kobayashi, et al., SID 2019 Digest of Technical Papers **50**, 1087 (2019).
- [2] H. Fujimoto, et al., Sci. Rep. **6**, 38482, (2016).
- [3] H. Fujimoto, et al., Appl. Phys. Lett. **116**, 143301 (2020).