

バンク構造を有する基板上における溶液膜の乾燥過程に関する研究

王, 靖宏

<https://hdl.handle.net/2324/4060134>

出版情報：九州大学, 2019, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（2）

氏 名 : 王 靖宏

論 文 名 : バンク構造を有する基板上における溶液膜の乾燥過程に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

インクジェット (IJ) およびノズルジェットなどの成膜プロセスは、有機発光ダイオード (OLED: Organic Light Emitting Diodes), 有機トランジスタおよび有機太陽電池の製造技術として注目されている。特に、有機発光ダイオードによるディスプレイは、消費電力が少ない、応答速度の速さおよび視野角の広さなどの特徴を持ち、普及が急速に進んでいる。従来電子デバイスの作成方法であるフォトリソグラフィ法は大規模な装置で多くの工程が必要な上、高温・高真空を維持するために膨大なエネルギーも必要である。これに対して、IJ 成膜法はピコリットルオーダーの溶液滴を直接的に対象物に塗布することで、薄膜の作成位置やサイズの制御ができる。このように、IJ 成膜法により、無駄な溶媒と材料の使用を減らし、省資源、低環境負荷に貢献する可能性がある。

多くのメリットがある IJ 成膜法の課題として、乾燥後の薄膜形状の制御が挙げられている。すなわち、基板上における液滴は蒸発に伴って、接触線が固定し、そこで失われた溶媒を補うために接触線へ向かう流動が生じる。このような内部流動によって、溶質が接触線付近に運ばれ、リング状の薄膜を形成する。このリング構造の生成を抑えるために、二成分溶媒や界面活性剤を用いてマランゴニ対流を発生させることによって接触線への溶質の偏りを抑える方法が提案されている。これまでの研究は平板上に滴下した液滴の蒸発過程が検討されてきたが、本研究では、バンク構造を有する基板上の溶液滴の乾燥過程の移動現象を数値的に解析し、マランゴニ対流によって生じる自由界面の変形が溶質移動に及ぼす影響を検討した。

第 1 章では、電子デバイスの製造プロセスとして、IJ 成膜法が従来法に比べて、省エネルギー、省資源であること、乾燥後薄膜形状を制御することの重要性を述べた。薄膜形状を制御するためには、内部流動が重要な役割を担っていることが既往の研究からわかった。また、常温における液滴の内部流動は濃度差マランゴニ対流が支配的であるため、マランゴニ対流が乾燥過程に及ぼす影響を検討すべきである。

第 2 章では、円形パターン基板上における液滴の気相領域を対象として数値解析を行い、接触角とバンク高さが蒸発速度分布に及ぼす影響を検討した。接触線付近の蒸発流束がバンク高さとともに減少することを示した。また、数値解析結果に基づいて、自由界面における蒸発流束分布の推算式を導出した。

第 3 章では、バンク構造を有する基板上の液膜を対象として非定常 2 次元軸対称の流動・伝熱・溶質拡散モデルを作成した。液膜の乾燥は、自由表面の大変形を伴う流動・拡散問題である、したがって、自由界面における境界条件を精度よく取り扱うために、有限差分法ではなく、有限要素法を用いた。本研究では、溶質として N, N'-Bis(3-methylphenyl)-N, N'-bis(phenyl)-benzidine, 溶媒として Anisole を選んだ。また、バンク構造の半径は 45 μm , 高さは 2.25 μm である。計算においては、粘度と表面張力の溶質濃度および温度の依存性を考慮している。

第4章では、乾燥プロセスで生じる基本現象を検討した。計算は、接触角 30° および 60° で行った。マランゴニ対流を考慮しない場合、自由表面はほぼ球状に維持しながら液面が低下する。一方、濃度差および温度差マランゴニ対流を考慮した場合、液膜端部付近で自由表面をバンク側へ押し込む力が発生し、自由表面が凹状の変形することを見出した。そのような自由表面の変形によって発生するバルク流に伴って、溶質が移流する挙動を明らかにした。その結果として、過去の実験で観察されているような端部付近で凹状になる薄膜が生成することを示した。なお、本解析系では、温度差マランゴニ対流より濃度差マランゴニ対流が支配的である。

第5章では、乾燥挙動に及ぼす接触角、粘度、表面張力および蒸発速度の影響を検討した。接触角が 90° の場合、液面が基板面に対して平行に蒸発するので平坦膜の生成が期待されるが、マランゴニ対流による自由表面変形によって平坦膜は生成しないことを見出した。また、粘度、蒸発速度および表面張力について検討した結果、表面張力の絶対値が小さいほど、端部付近の凹形状の形成を抑え、中央部の薄膜は平坦に近くなることを見出した。

第6章では、本研究で得られた知見を総括した。

〔作成要領〕

1. 用紙はA4判上質紙を使用すること。
2. 原則として、文字サイズ10.5ポイントとする。
3. 左右2センチ，上下2.5センチ程度をあげ，ページ数は記入しないこと。
4. 要旨は2,000字程度にまとめること。
(英文の場合は，2ページ以内にまとめること。)
5. 図表・図式等は随意に使用のこと。
6. ワードプロセッサで書式を整えること（手書きの場合は楷書体）。
この様式で提出された書類は，「九州大学博士学位論文内容の要旨及び審査結果の要旨」
の原稿として写真印刷するので，鮮明な原稿をクリップ止めで提出すること。