



インクジェット装置

SAT

1. はじめに

各種の機能性薄膜からなる電子デバイスを製造する新プロセスに、インクジェット(IJ)技術を適用する動きが加速している。IJプロセスに用いられる材料の使用量の低減や、付随する消耗品をなくすことによって、電子デバイス製造において大幅な価格低減を実現できるからである。しかし、一般のIJ法によって薄膜を形成した場合、適用材料の特質から、形成パターン端部において、膜厚方向に異常な盛り上がり(“Coffee Stain”現象)を生じ、一方、形成パターンに関しても、塗布エリアから広く流動し、意図した形状より拡大したものになってしまう。すなわち、薄膜形成における精度向上が大きな課題となっている。

当社はこの点に着目し、IJ法による薄膜形成において、膜厚方向および面内方向の形状精度を大幅に改善した独自のIJ装置を製品化した。本稿では、このIJ薄膜形成装置について紹介する。

2. IJ塗布による薄膜形成の着眼点

当社はIJ技術の応用展開として、配線直描ではなく、薄膜形成への適用に向け装置開発を進めている。これはIJヘッドから吐出された液滴が基板上に着弾すると、表面に沿って流動拡散しやすい性質を薄膜形成の用途に利用することが、現状、最も適切と判断したからである。ただし開発ターゲットとしているのは、膜厚精度およびパターン精度の両面において、従来のIJ法では達成できなかった高精度塗布を実現することである。

IJ塗布は、ヘッドをはじめとする微細流路を經由して行われ、適

合する材料は不揮発分濃度も低く、粘度は溶媒特性に大きな影響を受けるため、一般的に低い。このため、基板上に着弾後の液滴は、図1に示すように、溶媒の蒸発を伴いながら流動拡散するという複雑な挙動を示す。すなわち、蒸発によって液滴内部に密度差を生ずる結果、マランゴニ流が発生し、それに伴う物質移動によって自由端部に異常な盛り上がり領域が生じる。

IJによる薄膜形成装置における技術課題は、膜厚変動要因を一掃する安定プロセスの実現である。従来のIJ塗布においては、基板の前処理や材料特性の調整による受動的な薄膜形成を行っていたが、当社では材料の蒸発量を制御することによって、基板上での塗布径(ドット径)を制御するという画期的な方法を開発した。具体的には、IJ塗布システム全体を槽で覆い、減圧環境下でIJ塗布を行うものである。図2に示すように、減圧することによってドット径は変化し、同時にドット径

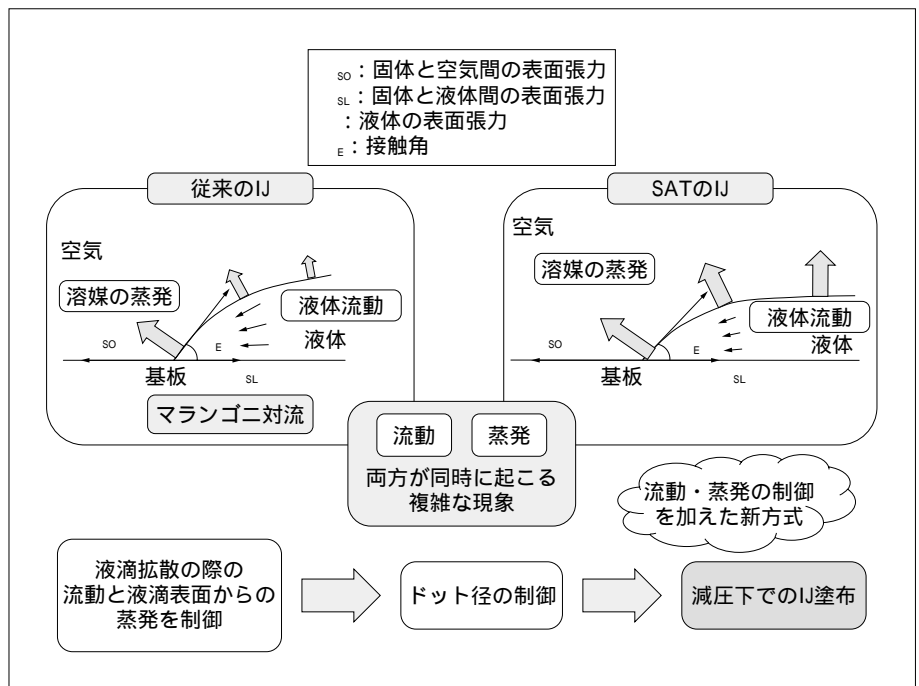


図1 基板上での液滴の挙動

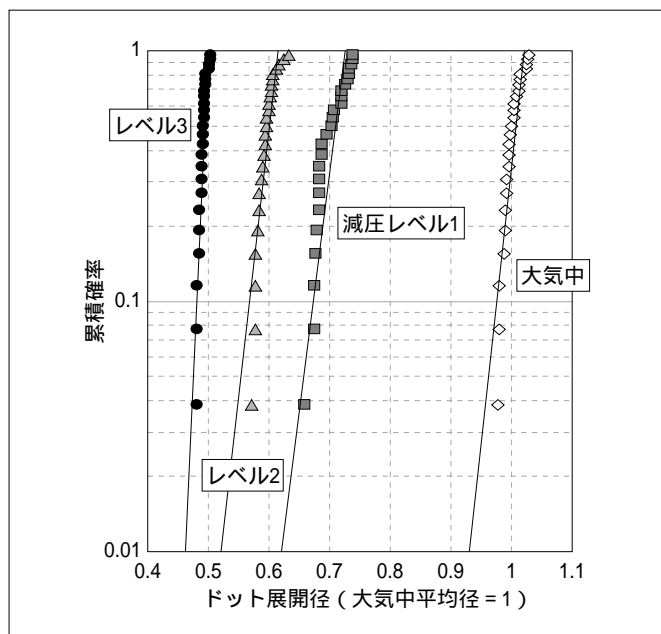


図2 減圧環境下で液滴展開径の制御性

のばらつきも小さくなる。ドット径を制御し、IJ塗布の際のビットマップパターンを組み合わせることによって、膜厚精度およびパターン精度の大幅な向上が実現できる。

3. SATのIJ薄膜形成装置の概要

図3に、当社のIJ薄膜形成装置のシステム構成を示す。ヘッド制御は描画データの作成も含めてPCにより行う。また、5軸（X軸、Y軸、Z軸、軸および塗布溶液液面調整軸）の運動制御はProgrammable Logic Controller（PLC）で行っている。さらに、CCDカメラの撮像による基板の位置決め制御や送液配管系の制御の他、独自の基板温度制御ならびに雰囲気圧力制御を加え、装置操作はPCで一括して行うシステムとなっている。

写真1に装置の外観を示す。この装置は、FPD用ガラス基板のような矩形形状基板や半導体のウェーハ基板の適合性を考慮し、テーブルを設け、最大300mm角お

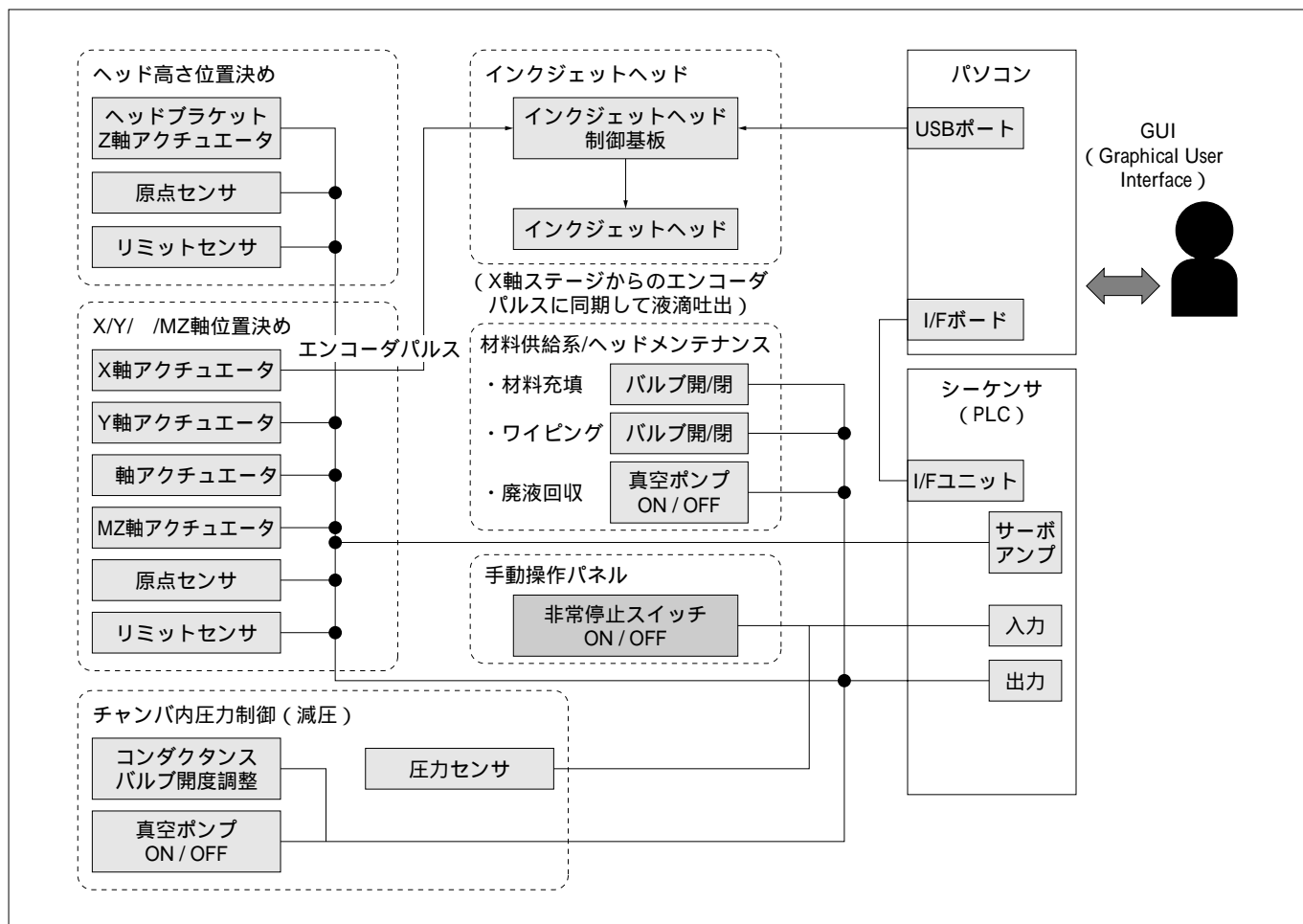


図3 SATのIJ薄膜形成装置システム構成



よび300mmウェーハに対応可能としているが、基板の大型化にも、同様の考えをそのまま適用できる。せん断型のヘッドを2列配置とし、8本を疑似的にライン化配列している。クリーン化対策として、Z軸にブラケットを介してヘッド群を取り付け、門型フレームに固定し、テーブル上に固定された基板を移動させる方式を採用している。基板が大型化する場合には、基板固定、ヘッド移動型を採用することも可能である。写真1からもわかるように、減圧チャンバで塗布機構全体を覆う



写真1 SATのIJ薄膜形成装置の外観

ことにより、チャンバ内の減圧度を真空ポンプおよびコンダクタンスバルブにより制御する。これにより蒸発が加速し、ドット径が規定される。その結果、意図した膜厚精度およびパターン精度が確保でき、従来のIJでは達成できなかった塗布性能を実現できる。

次に、IJ塗布の際にユーザーが懸念する課題として、塗布信頼性が挙げられる。IJ塗布においては、ヘッドをはじめとして、非常に微細な流路を経て材料が供給される。そのため常に流路閉塞（目詰まり）の危険にさらされており、一度障害が起きると、塗布欠陥に直結する。最終的な流路閉塞に至らなくとも、塗布材料が流路壁面などに固着することによって狭小化が起きると、液滴体積が変化し、膜厚変動の大きな要因となる。

SATのIJ薄膜形成装置は、安定塗布を実現するために、装置の運転時および休止時に運用できる、自動メンテナンス機構を装備している（図4）。いずれの機能も常に安定して液滴を吐出できるように配慮したもので、それぞれのプロセスアルゴリズムに従って運用可能である。また、流路閉塞が起こった場合には、装備されているメンテナンス機構により回復を図るが、回復しない場合にはヘッドの交換となる。ヘッドは高価なデバイスであり、ユーザーにとっては大きな負担となる。その軽減のために、当社ではIJヘッドリフレッシュ装置を開発している。この装置は、オフラインでヘッド内の流路閉塞や狭小化を溶剤の強制循環により回復させる目的で開発されたもので、現在、実績を評価・蓄積中である。

写真2に高精度化および高信頼性を意図した当社のIJ薄膜形成装置による塗布例を、比較のために従来方式による塗布例と並べて示す。膜厚100nmの液晶用配向

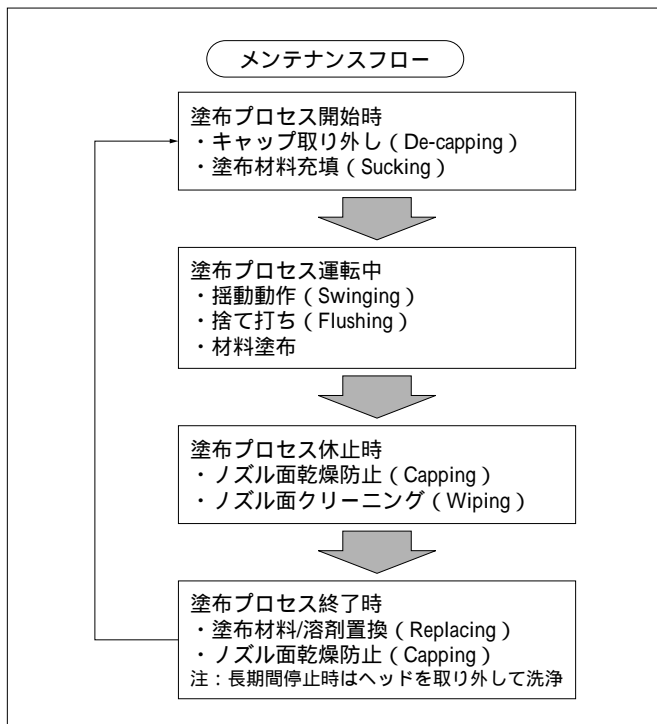


図4 安定塗布のための自動メンテナンス機構

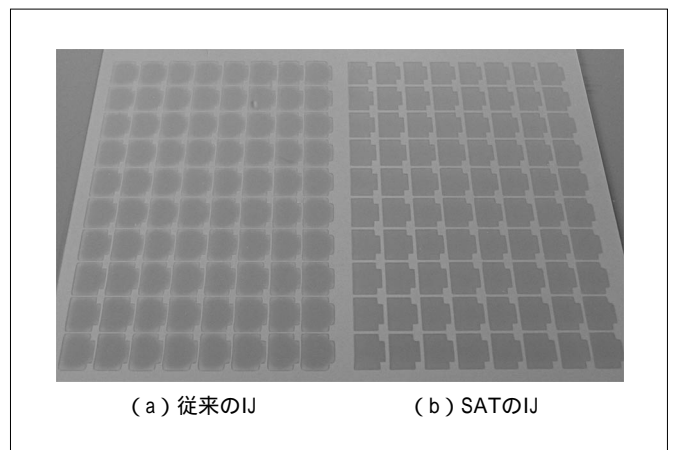


写真2 IJ塗布例（液晶配向膜ITO基板）

膜の例であり、優れた塗布性能が示されている。

4. おわりに

当社のIJ薄膜形成装置の特徴は、以下のように要約できる。

IJ吐出を減圧環境下で行い薄膜を形成するという、全く新しいコンセプトの装置である。

前述のコンセプトにより、IJヘッドから吐出され基板上に着弾した液滴の蒸発量と流動拡散の均衡から、ドット径の制御が可能となる。

IJ塗布において常に問題視されてきた端部での異常

隆起を、従来の1/10以下（当社比）に抑え、全体膜厚ばらつきを±1%以下に塗布可能である。

塗布パターン寸法誤差を従来の1/20以下（当社比）に向上させ、設計値に対し±100 μm以下に抑えることができる。

安定塗布を実現するために、ヘッドの流路閉塞の対策を中心とした自動メンテナンス機構を装備し、信頼性の向上を図っている。

装置は使い勝手を考慮し、GUIによる自動運転および手動運転が可能である。