

新たなモノづくりを可能にする 高粘度インクジェットヘッド

高粘度材料の微細パターン塗布 で新たなデバイス構造を実現

半導体などで用いられる高粘度材料の塗布には、通常印刷やディスペンサが使用されています。しかし、近年微細化が急速に進んでいる電子デバイス製造分野では、塗布量と塗布位置精度の観点から、それらの適用が困難になってきています。

一方、材料の利用効率が高く、環境負荷も低減できるインクジェット（以下、IJと略記）技術は、産業用途への展開が期待されていますが、今のところ粘度20 mPa・s程度までしか対応できていません。

そこで東芝は、高粘度材料を従来のIJと同様の精度で、微量・精密塗布できる多ノズルIJヘッドを開発しました。

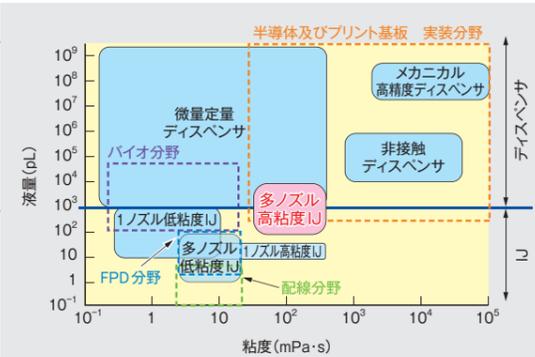


図1. 高粘度IJヘッドの開発目標エリアーディスペンサとIJの適用境界をカバーする塗布ツールの開発を目標としています。

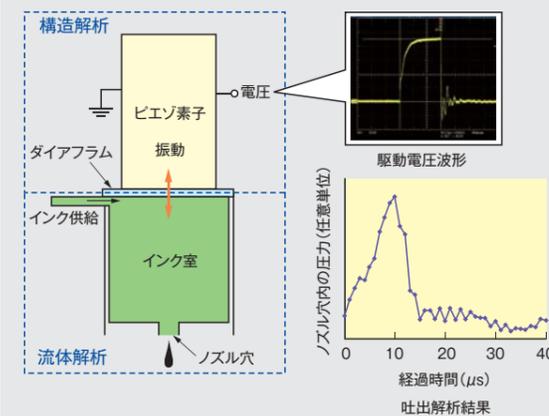


図2. 吐出解析結果ー構造解析で得られたダイアフラムに振動を与え、発生する圧力によってノズル穴から吐出される液滴の状態を予測します。

塗布ツールへの要求

近年、半導体や液晶ディスプレイなどの電子デバイス分野において、製造コスト削減と環境負荷低減への強い要求があり、最小限の材料を必要な場所に直接供給できるIJ技術に注目が集まっています。しかし、IJで塗布できる材料には制限があり、一般にその粘度範囲は数mPa・s～20 mPa・sと非常に狭い領域となっています。そのため、半導体後工程などで使用される高粘度材料の塗布には、印刷やディスペンサが使用されているのが現状です。

最近では、IJの特徴である非接触塗布が可能なジェットディスペンサが商品化されています。しかしノズル数が少な

いため生産性が低く、塗布量と塗布位置精度の安定性が不十分ことから、いまだ産業用途への適用は進んでいません。

東芝が目指す高粘度IJヘッドの開発目標エリアを図1に示します。今後、半導体後工程を中心にIJとディスペンサの適用領域の境界である、粘度50 mPa・s以上、液量 $10^2 \sim 10^4$ pL（ピコ（ 10^{-12} ）リットル）の範囲で、高精度な塗布ツールが必要になると予想されます。

IJヘッドの設計

IJヘッドには、電気熱交換式（バブルジェット）や静電吸引式などいくつかの種類がありますが、産業用途では主に、液滴の大きさを精密に制御できる

ピエゾ方式が使用されています。開発したIJヘッドは、電圧を印加してピエゾ素子を伸縮駆動し、ピエゾ素子に連結されるダイアフラム面を振動させるアクチュエータ部と、ダイアフラム面から発生した圧力を塗布材料に伝搬し、ノズル穴から液滴を吐出させるヘッド流路部から構成されます。

IJヘッドの設計において、アクチュエータ部の設計には構造解析を用います。まず高粘度材料の吐出に必要なダイアフラム面近傍の圧力を試算し、次にその圧力を発生させるためのピエゾ素子と流路形状の適正化を行います。また、塗布材料がノズル穴から吐出される状態を予測します。

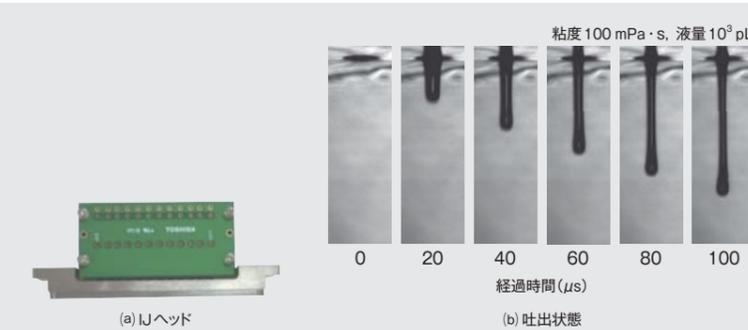


図3. 開発した高粘度IJヘッドと吐出状態ー積層型ピエゾ素子を用いて、従来のIJヘッドと同等の駆動電圧で動作するようにしました。

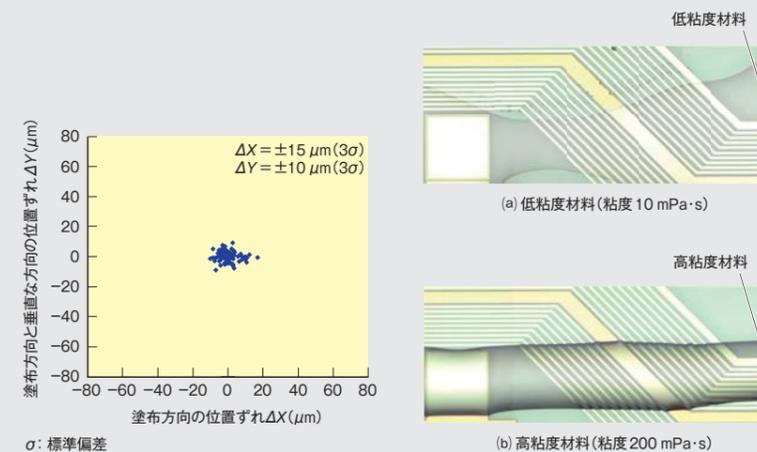


図4. 高粘度IJヘッドの塗布位置精度ー従来のIJヘッドと同等の高い塗布位置精度が得られました。

一例として、粘度100 mPa・sの高粘度材料の吐出状態を解析した結果を図2に示します。一連の解析を用いた性能予測から、最適なIJヘッド構造と流路形状を求めました。

また、流体解析を用いて隣接するノズル間の吐出影響を予測することによって、ノズル加工精度の向上と合わせて狭ピッチ化を可能にし、IJヘッドの多ノズル化を実現しました。

積層ピエゾ素子による低電圧化

塗布材料の高粘度化に伴い、吐出に必要な圧力を得るにはピエゾ素子を大型化する必要があります。これにより、ピエゾ電極間の厚さが増えるため、ヘッドを駆動する電圧が上昇します。

ピエゾ素子の材料が同じ場合、ピエゾ素子を多層化して1層当たりの厚さを薄くすることで駆動電圧を低くできますが、一方ピエゾ素子の静電容量は増加して駆動回路への負荷が増えます。そこで、適切な積層数を採用し、従来のIJヘッドと同等の駆動電圧で動作するようにしました。

高粘度材料での吐出性能の確認

開発した高粘度IJヘッドを図3に示します。グリセリンと水を主成分とする評価インク（粘度100 mPa・s、表面張力28 mN/m、比重1.06）を用いて、ストロボ発光方式による撮像で吐出状態を観察しました。その結果、正常に吐出していること、及び1滴当たりの液量

は 10^3 pLと解析結果と一致していることを確認しました。

また、吐出周波数によって液量に変化することはなく、吐出周波数500 Hzまで安定して吐出することができました。

開発したIJヘッドを用いて、撥液（はつえき）処理した基板に塗布（基板とのギャップ1 mm、吐出周波数400 Hz、液量 10^3 pL）した結果を図4に示します。液滴の位置精度は、塗布方向に $\pm 15 \mu\text{m}$ 、塗布方向と垂直な方向に $\pm 10 \mu\text{m}$ であり、従来のIJヘッドと同等の位置精度が得られました。

また、配線パターンを備えた基板に粘度が異なる樹脂材料を直線状に塗布（塗布ピッチ $200 \mu\text{m}$ 、吐出周波数400 Hz、液量 2×10^3 pL、基板温度 23°C ）し、塗布形状を比較しました。図5に示すように、低粘度材料（10 mPa・s）では、下地となる配線パターンの凹凸によって液滴がぬれ広がり、塗布形状の維持が難しいことがわかります。しかし高粘度材料（200 mPa・s）では、下地の影響による液滴のぬれ広がりが抑制され、塗布形状が直線状に維持されています。

今後の展望

当社は、高粘度材料を微量・精密塗布できるIJヘッドを開発し、接着材や封止材など半導体後工程を中心に応用展開することを検討しています。

今後は、更なるノズル数の増加や吐出できる粘度範囲の拡大を進め、電子デバイスの製造ラインへの適用を目指していきます。

石原 治彦

生産技術センター
プロセス研究センター研究主務