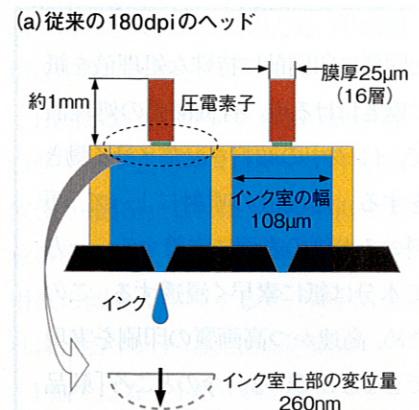


クで埋めるのに、より少ない噴射回数で済むからだ。

ところが、最近の同社のプリント・ヘッドはノズル密度が180dpiまで向上しており、従来の機械加工では高密度化の限界に達していた。セイコーエプソンは、半導体プロセスでの製造に切り替えてノズル密度の向上を図ったが、それに伴い圧電素子の改良が不可欠になった。ノズルを高密度化すればインク室の幅は狭まる。従来と同等の印加電圧で同量のインクを吐出させるには、歪み量が大きい圧電素子が必要になる(図7)。一般に圧電素子を薄型化すれば歪み量は



(c) 従来ヘッドのインク室の写真

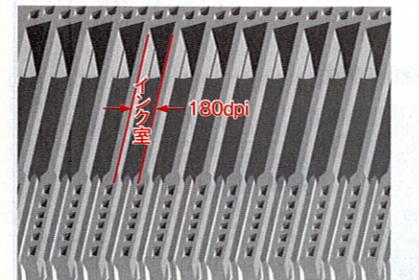
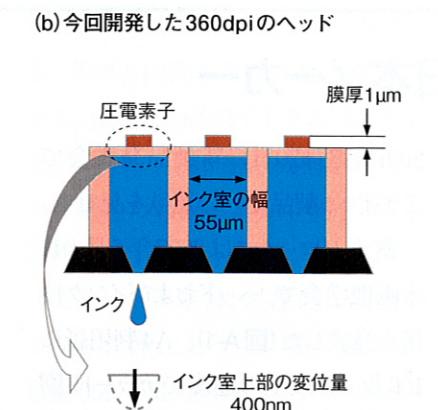


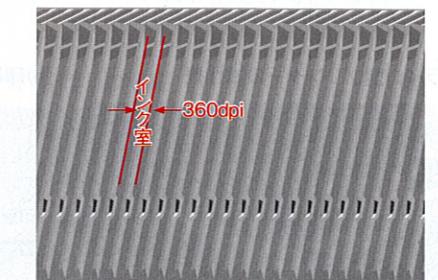
図7 エプソンは自社開発の圧電素子で高速化
セイコーエプソンは電圧印加時の歪み量が従来より大きい圧電素子を開発し、同社の従来品と比べて2倍の360dpiのノズル密度を実現した。単純計算では印刷速度を2倍に高めることができるという。現行製品は膜厚が25μmの圧電素子を使っているが、新開発の圧電素子の膜厚は1μm。2.5V印加時にインク室上部の変位量が400nmと大きいため、インク室の幅を約半分の55μmに狭めることができた(a,b)。この結果、ノズル密度は従来比2倍となり、高速化や小型化を実現できるとしている。(c,d)はインク室の寸法の比較で、今回開発したヘッドはピッチが1/2になっていることが分かる。

大きくなるが、逆に耐電圧が小さくなってしまう。薄型化と同時に耐電圧の維持がポイントになった。

同社は圧電素子を材料から見直した。従来と同様のPZT(チタン酸ジルコン酸鉛)系であるものの、膜厚を1μmまで薄くし、世界最高水準の歪み量を示す素子を開発した。詳細は明かでないが、耐電圧の問題も解決したとい。これまで16層の薄板を積層した厚さ25μmの圧電素子をインク室上部に縦方向に張り付けていたが、今回の材料を使うと圧電素子を含めてMEMS技術で一体加工できる。これによってインク室の幅を従来の108μm



(d) 今回開発したヘッドのインク室の写真



から55μmに狭め、ノズル密度を2倍の360dpiに高めることができた。

Siチップが代替する レーザ方式エンジンの中核

レーザ方式機のエンジンの中核を担ってきた光学・機構部品をSiチップで置き換えた製品が登場した。米Lexmark International, Inc.が2006年10月に発表したモノクロ・レーザ・プリンター「E」シリーズである(図8)。

この製品に、プリンター・メーカーの技術者は強い関心を寄せた。実際に買い求め、分解・調査した企業も少なくない。ライン型インクジェット機ほどの強烈な効果こそ見込めないものの、エンジンの製造原価や消費電力を着実に低減する可能性が高いからだ。

Lexmark社がSiチップで置き換えた部品は、ポリゴン・ミラーである。高速に回転して、レーザ・ビームを感光ドラムの幅方向(紙送り方向に対して垂直の方向)に振る役割を果たす。LED方式を除いたレーザ方式で、ドラム上に印刷原稿を描画するために必要不可欠の部品である(p.66の「さらなる小型化、低コスト化に自信、競争力増すLEDプリンター」参照)。ポリゴン・ミラーは5米ドルほどと、レーザ・プリンターの部品としては決して安くない。

注6) CM8060とCM8050は複写機メーカーが手掛ける複合機の代替を狙っているため、A3判用紙にも対応している。4.25インチ幅のプリンタ・ヘッド2個ではA3判用紙の幅をカバーできないため、A3判を印刷する際は、通常のインクジェット・プリンターのようにヘッドを走査する。

注7) 各プリント・ヘッドには、ノズルやインク室、ヒーター、駆動回路などを半導体プロセスで製造したSiチップを五つ搭載する。チップ上にノズルは2列あり、一つのプリント・ヘッドで2色を印刷する。

Lexmark社はポリゴン・ミラーの代わりに、米Texas Instruments Inc.(TI社)が半導体プロセスで作製したMEMSスキャナーを採用した。Siチップ上に大きさが4mm×1mmほどのミラーを一つ搭載し、近傍に置いたコイルに電力を供給して磁力でミラーの傾きを制御する。TI社が得意なプロジェクト用DMD素子と似た動作原理である。

延長線上で利点があり

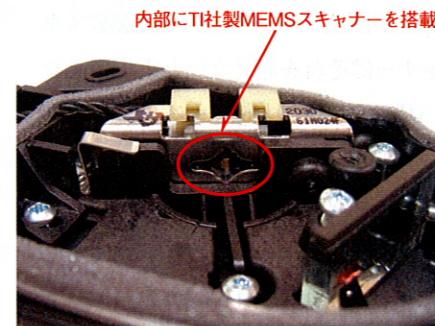
MEMSスキャナーはポリゴン・ミラーを代替するだけで印刷の工程をほとんど変えない。このためライン型インクジェット方式と比べて低コスト化の効果は大きくない。一方で、ライン型インクジェット機ほどの開発投資額が不要で、既存のレーザ方式の資産を活用し続けられる利点がある。つまりMEMSスキャナーは、レーザ方式の「救援投手」と位置付けることができる(表2)。MEMSスキャナーは、半導体プロセスという量産効果の高い技術で作製するのでエンジンの製造原価をポリゴン・ミラーより抑制しやすい。ポリゴン・ミラーのように重い物体を回転させるわけではないので、消費電力、騒音も減らせる。

描画速度でポリゴン・ミラーを超えることも可能だ。「騒音などの制約か

(a)外観



(c)実装状態



(b)仕様

製品名	E250d
直販価格	199米ドル
モノクロ印刷速度	28枚/秒(A4判使用時)
騒音レベル	50dB(A)(標準モード時)
1枚目の印刷所要時間	7.5秒未満
外形寸法	378mm×470mm×430mm
両面印刷機能	あり
標準用紙トレイの容量	250枚

(d) Opus Microsystems社の試作品

製品名	LB02500
外観	
中央部のミラーの寸法	4mm×1mm
共振周波数	2.5kHz±3%(ポリゴン・ミラーを5万rpmで回転させたときと同等)
走査角度	最大土40度
走査のジッタ	0.02%未満*
反射率	90%超(走査角度40度、635nmの光)
動作温度範囲	0~60°C
保存温度範囲	-40~+85°C
パッケージ寸法	14mm×14mm
パッケージ形式	48端子のCLCC

図8 初のMEMSスキャナー採用機
Lexmark社が2006年10月に発表したモノクロ・レーザ・プリンター「E」シリーズは、ポリゴン・ミラーの代わりにMEMSスキャナーを搭載した。MEMSスキャナーは、レーザ方式の「救援投手」と位置付けることができる(表2)。MEMSスキャナーは、半導体プロセスという量産効果の高い技術で作製するのでエンジンの製造原価をポリゴン・ミラーより抑制しやすい。ポリゴン・ミラーのように重い物体を回転させるわけではないので、消費電力、騒音も減らせる。

表2 有力な「救援投手」となるか

プリンター/複写機/複合機メーカーは、MEMSスキャナーに対して数々の期待を寄せている。ただし、既存のレーザ方式とほぼ同じ印刷のプロセスを踏襲するため、画期的な原価低減などは実現しにくい。

期待や利点

多数の企業が研究・開発しているため性能・コスト改善が期待できる

量産にこぎ着けたのはTI社のみ

半導体プロセスを使うので量産 → レーザ光の走査用の部品コストが安くなる(現状の5米ドルを半分ほどに)

▶ 数ドル程度しかコスト低減できない
▶ MEMSスキャナーのコントローラやレンズを新たに開発する必要がある

ポリゴン・ミラーの副作用からの解放(電力、発熱、騒音の低減) → 描画速度の向上(ポリゴン・ミラーの4万rpm限界を楽に超えられる)

ライン型インクジェット機ほどの高速化は望めない

光の反射率が9割と高い → 特になし

実装に要する空間が小さい → 特になし

電力投入直後から動作が安定 → 1枚目の印刷の所要時間を短縮

らポリゴン・ミラーの回転速度は4万rpmが限界といわれる。MEMSスキャナーはそれを超えない実現できない描画速度に対応できる」(レーザ方式用計測器を手掛けるエーエルティー代表取締役の高野裕氏)。実際、台湾Opus Microsystems Corp.(先進微系統科技)の試作品は、ポリゴン・ミラーにおける5万rpmに相当する共振周波数を実現した^{注8)}。

2~3米ドルの低コスト化

現状ではいくつかの課題はあるものの、それらは需要次第で解決できる可能性が高い。例えば、供給する部品メーカーが限られる点。プリンター向けMEMSスキャナーの量産実績があるメーカーはTI社のみだが、Opus Microsystems社や日本信号などが開発中と公表している。MEMSの用途

開発自体は、大半の半導体メーカーが手掛けている。

ポリゴン・ミラーより、まだ高価なことも課題だ。「TI社製品の価格は現時点では8米ドル前後と推測している」(MEMSスキャナーの研究者)。ただし、これは生産量が少ないため。「量産が進めばポリゴン・ミラーより2~3米ドルは低価格化できるとみられる」(エーエルティーの高野氏)。

さらなる小型化、低コスト化に自信 競争力増すLEDプリンター

沖データが開発するLEDプリンターが注目を集めている。今後レーザ・プリンターを価格対性能比で凌駕する可能性が出てきたからだ。

LEDプリンターは、レーザ・プリンターと同様、電子写真方式を採用している。1列に並べたLEDから直接、感光ドラムに光を照射して像を形成する。レーザ・プリンターに比べて内部構造が簡単なため、小型化しやすく、消費電力も低い。ただし、従来のヘッドでは、LEDの駆動用

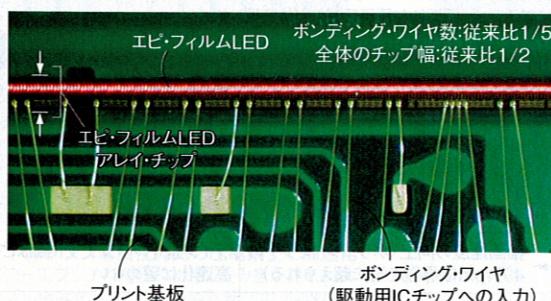
ICとLED間はボンディング・ワイヤで接続しており、製造コストに課題があった。

この問題を解決したのが、同社と沖電気工業が2006年9月に発表した薄膜接合技術「エビ・フィルム・ボンディング」である^{B-1)}。異種材料からなるLEDと駆動用ICを一体製造できる。これにより、ヘッド1個当たり3600本使っていたボンディング・ワイヤが650本に減り、従来比で体積が1/2に小型化した(図B-1)。「ヘッドの

製造コストは3年前に比べて半減した」(沖データ 代表取締役専務 営業統括本部長の水谷実氏)という。

沖データは現在、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成金を受け、2010年ごろの実用化をにらんで次世代LEDヘッドの開発に取り組んでいる。ボンディング・ワイヤを一切使わず、より低コスト化や小型化を進めるという。

同社によれば、現行方式のレーザ・プリンターは感光ドラムに照射するビームを直径55μm程度(レーザ波長は780nm)までにしか絞れない。300dpiの解像度ならA4版印刷で60枚/分程度まで高速化できるが、600dpiの解像度なら30枚/分が限界という。対して、LEDプリンターは直径25μmまで絞れ、600dpiで100枚/分以上も可能という。



図B-1 沖データが開発した「エビ・フィルムLEDアレイ」「エビ・フィルム・ボンディング」と呼ばれる技術を使って製造したLEDプリント・ヘッドの写真。沖データの従来品と比較してLEDと駆動用ICを接続するボンディング・ワイヤの数が約1/5になり、チップ幅が半減した。現在、同社はボンディング・ワイヤを全く使わない次世代品を開発中である。

参考文献

- B-1) 萩原、「分子間力による異種材料の接合技術、量産へ」、「日経エレクトロニクス」、2007年2月26日号、no.946、pp.117~129。