

「MEMS技術」を 身につけて新境地を開く!

第3章

身近なMEMSデバイスの 動作原理を理解する

—— インクジェット・プリンタ・ヘッド、加速度センサ、ジャイロ、GLV、DMD、RFスイッチの基礎

篠田正紀、須藤雄之、Robert J. Monteverde、水野皓司

$$f_{-3dB}(Hz) = 1 / (2\pi \times \sqrt{1.6 \times 10^{-16}})$$

MEMS (micro electro mechanical systems) デバイスは大きく、「機械・電子MEMS」、「光MEMS」、「RF (高周波) MEMS」に分類できる。ここではこれらの中から、すでに市場で広く応用されている、あるいは応用されつつあるMEMSデバイスについて、その動作原理やアプリケーションをまとめた。機械・電子

MEMSとしてインクジェット・プリンタ・ヘッド、加速度センサ、ジャイロ・センサを、光MEMSとしてGLV (Grating Light Valve)、DMD (Digital Micromirror Device) を、RF MEMSとしてRF MEMSスイッチを取り上げた。

(編集部)

インクジェット・プリンタ・ヘッド

篠田正紀

インクジェット・プリンタ・ヘッドは、実用化されているMEMS (micro electro mechanical systems) 技術の中でも、もっとも成功したケースの一つだと言われています。実際、すでにインクジェット・プリンタは一般家庭にも広く普及しており、よく知られています。いずれの機種も、微小なインク滴を紙面に向かって吐出し、紙面上に高密度な点 (ドット) を並べることで、文字や絵、写真などを表現します。インクジェット・プリンタで印刷したものを高倍率で観察すると、細かい点々を見ることができます。

● ピエゾとバブル、二つのインクジェット方式

インク吐出の駆動源で分類すると、大半の機種は、次の二つに大別できます。

- ピエゾ (圧電素子) の変形を使うもの

- バブル (泡) の膨張を使うもの

ピエゾは、電圧を加えると変形する材料です。この変形を利用してインク流路の一部を押し縮め、吐出口 (ノズル) からインクを飛び出させます。電圧を切れば元の形に戻り、再び次のインク滴を吐出できます (図1)。ピエゾの形状が大きく、小型化が困難でしたが、現在は構造や製法などをくふうすることで実用化しています。流路そのものをピエゾで構成し、高集積化した方式も利用されています。

一方、バブル式はインク流路の一部にヒータを埋め込んでいます。このヒータでインクを加熱、気化させることで、インク内に泡を発生させ、泡の膨張する力でノズルからインクを飛ばします。加熱をやめれば泡はすぐに消滅し、再び次のインク滴を吐出できます (図2)。加熱によるインクの焦げ付きが問題となっていました、保護層などによ

図1
ピエゾ方式の原理

電圧を加えると、(b)のようにピエゾが変形してインク流路の一部を押し縮め、ノズルからインクを飛び出させる。電圧を切れば、(a)のように元の形に戻る。

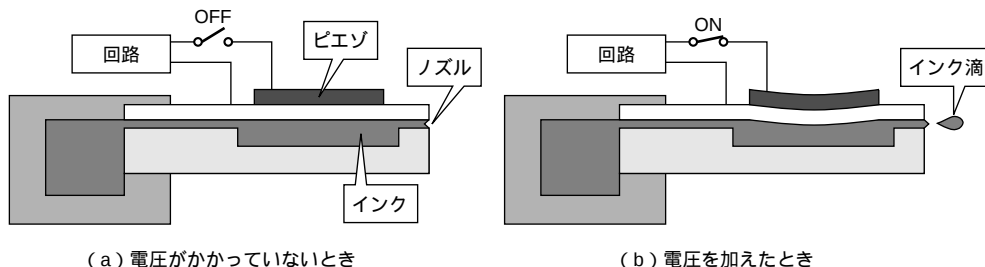
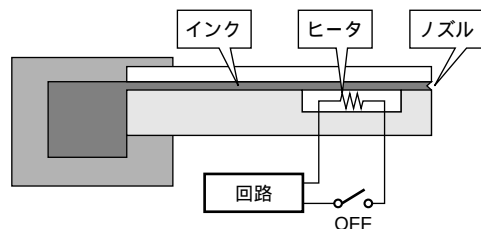
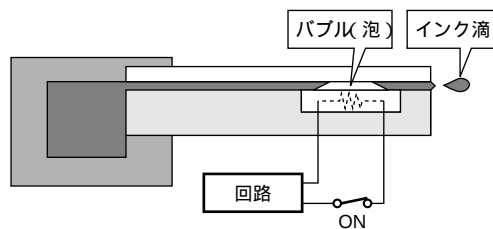


図2
バブル方式の原理

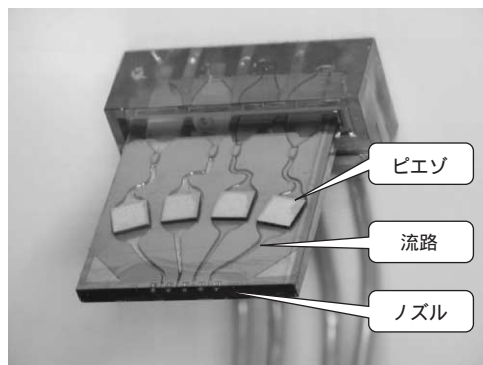
流路の一部に埋め込んだヒータを加熱すると、(b)のようにインク内に泡が発生し、泡の膨張する力でノズルからインクが飛び出す。加熱をやめれば、(a)のように泡はすぐに消滅する。



(a) ヒータがOFFのとき



(b) ヒータがONのとき

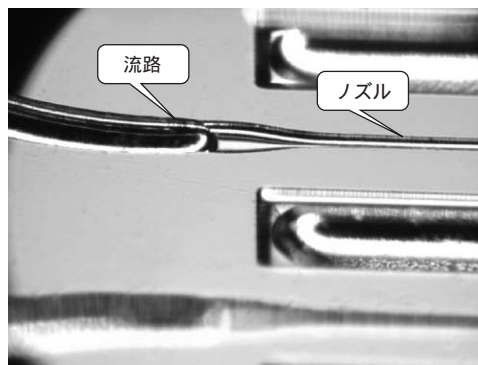


◀写真1
インクジェット・ヘッドの製品例

写真は工業用の記録計に用いられるインクジェット・プリンタ・ヘッドである。原理的には一般のインクジェット・プリンタと変わらない。

写真2▶
流路拡大

シリコンにプラズマ・エッチングで溝を彫り込み、その上からガラスを接合して、インクの流路となるトンネルを形成している。



で解決しています。

いずれの方式も、微小なインク滴を正確に、かつ、高速に飛ばすことが共通の課題です。

● ジェット機からピンポン球を当てるほどの精度

一般的なインクジェット・プリンタでは、1滴のインクの体積は数pL(ピコ・リットル)程度であり、ドットの間隔は数十 μm というオーダーです。例えば、5pLという直径約0.02mm程度の球の体積です。また、20 μm のドット間隔は、1mm四方の面積に2,500個の点が並ぶ密度ということになります。

ノズルから紙面までは、通常1mm～2mm程度の距離があるので、この小さなインク滴を正確に紙にねらって飛ばさなければなりません。しかも、通常はノズルが移動しながらインク滴を吐出するので、さらに難しい制御が必要です。例えば、ノズルが秒速50cmで移動しながら20 μm 間隔でドットを並べるには、毎秒25,000発のインク滴を吐出しなければなりません。このとき、インク滴の初速度としては秒速5m以上が必要となります。

このインク滴を2,000倍に拡大すると、ピンポン球(直径4cm弱)くらいの大きさになります。この倍率でそれぞれの数値を拡大すると、インクジェットの動作は地上4mの高さを時速3,600kmで飛ぶジェット機から、地面の上に

4cmの間隔でピンポン球を当てていく、という計算になります。7色のインクを使ったカラー・プリンタなら、7機のジェット機が7色のピンポン球を同じ場所に当てる技術が必要です。

実際には、小さいインク滴を飛ばすときは、ゆっくり移動する、あるいは、ドットの位置ずれをカバーするためにドットの並べかたをくふうして目立たないように画像処理するなど、いろいろな方策があります。いずれにせよ、正確なインク滴の飛翔が必要なのはまちがひありません。

インクの吐出ノズルは、直径が数 μm ～数十 μm の穴です。この部分が精密にできていないと、インク滴の体積や初速度がバラつく、飛び出す方向が曲ってしまうなどの現象が発生し、きれいな文字や絵になりません。 μm オーダーの寸法ばらつき、変形、異物などの付着も不良の原因となります。MEMS技術によって製作技術が大きく進歩し、ノズルの精密な加工が可能になりました。

● インク吐出以外の用途が広がりつつある

実際の製品の一例を写真1に、また流路を拡大したものを写真2に示します。写真1は工業用の記録計に用いられるインクジェット・プリンタ・ヘッドですが、原理的には同じです。この例では、シリコンにプラズマ・エッチングで溝を彫り込み、その上からガラスを接合して、インクの流