

## 28 粉体輸送用の超小型高効率アクチュエーターの開発

才木常正

### 1 目的

Lab-on-a-Chip では、複数の小型デバイスを集積化するために、各デバイスの製作プロセスが簡単であることが望まれている。このことから、近年、構造が非常に簡単な弾性表面波 (SAW : Surface Acoustic Wave) アクチュエーターが注目されている。そこで、以前、著者らは SAW 駆動ポンプを提案、製作し、その櫛歯電極 (IDT: Interdigital Transducer) を最適化することにより連続流体を駆動することに成功した<sup>1)</sup>。そして、この SAW 駆動ポンプで得られた知見を基に、化学合成用に SAW のみを駆動源とする高効率の混合チップも製作した<sup>2)</sup>。一方、SAW による固体の駆動が報告<sup>3)</sup>されていることから、著者は SAW による粉体の輸送も可能であると考えた。このような粉体輸送が実現すると、SAW のみでビーズを移動させ液体に注入して混ぜ合わせるワンチップ上での固相合成プロセス等を確立することができると考えられ、SAW アクチュエーターの適応範囲を大幅に拡大することができる。しかし、このプロセスを行う場合には、任意量の粉体を正確に移動させることが必要となる。そこで本研究では、SAW 駆動による粉体の移動速度と SAW アクチュエーターへの供給電力の関係について調べたので報告する。

### 2 実験方法

SAW による粉体輸送の実験概略を図 1 に示す。まず、信号発生器 (テクトロニクス社製 AFG3252) でバースト電圧 (基本周波数 19.6MHz, 波数 1000, 繰り返し周波数 1kHz) を発生させ、増幅器 (R&K 社製 ALM00110-2840FM) で増幅する。この増幅された電圧を圧電基板 (ニオブ酸リチウム単結晶基板 : 128 度回転 Y 板 X 伝播) 上に製作した IDT (ピッチ 200 $\mu$ m、開口 5mm、対数 20) に印加することにより SAW を発生させる。こうして発生した SAW は圧電基板の表面を伝播し、25mm 前方に置いた 10mm<sup>3</sup> の粉体に到達する。ここでは、粉体として 8.9 の比重を持つ銅と 1.6 の比重を持つカーボンを用いた (図 2 参照)。こうして、粉体に SAW が到達すると、粉体が SAW の入射方向、つまり IDT の方向へ移動する。このときの様子をハイビジョンカメラ (ソニー製 HDR-HC3) で撮影し、粉体の先端の移動速度  $S$  を到達距離とその時間から求めた。ちなみに、粉体移動時の IDT への供給電力  $P$  はパワーメーター (ローデ・シュワルツ社製 NRP-291) で測定した。

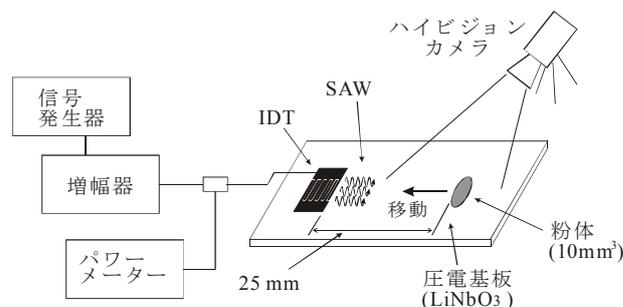
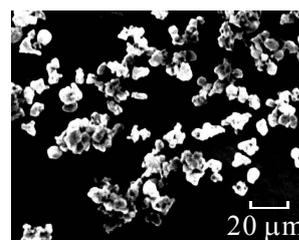
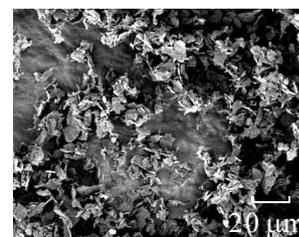


図 1 SAW による粉体駆動を観測するための実験配置



(a) 銅



(b) カーボン

図 2 実験で用いた 2 種類の粉体の SEM 写真

### 3 結果と考察

SAW による粉体駆動の連続写真の例を図 3 に示す。この連続写真から、SAW が伝播してくる方向 (上流側方向) へ粉体が移動していることが確認できる。また、これらの写真から、移動している粉体は IDT の開口幅程度の部分のみであり、SAW が大きく発散することなく、基板上を伝播していることも確認できる。

次に、粉体の移動速度と IDT への供給電力の関係を図 4 に示す。銅粉の場合、IDT への供給電力を増加させ 200mW 以上になると粉体は移動し始め、その後 IDT への供給電力と粉体の移動速度は比例して増加し、1800mW 程度になると飽和する傾向がある。ちなみに、

この IDT の最高移動速度は供給電力 1880mW 時の 133mm/sec であった。このことから、IDT への供給電力と供給時間を調整することで、粉体の移動速度を自由に制御できることがわかり、銅粉においては粉体量の制御も可能性があることがわかった。

一方、カーボンの場合であるが、供給電力を増加させても、移動することはなかった。この理由として、カーボンの比重が銅のそれに比べかなり小さいため、SAW によりカーボンが垂直方向へ跳ね上げられていると考えられる。このような粉体の跳ね上げを軽減する、つまりカーボンと圧電基板表面との接触時間を長くとする方法として、SAW の周波数を小さくして供給電力を小さくすることが有効であると推測している。

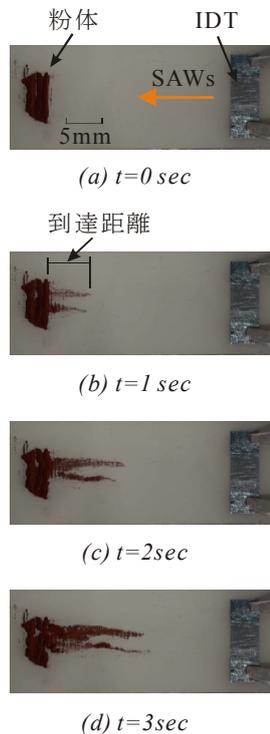


図3 SAW による粉体駆動の連続写真の例 (銅粉, 供給電力 420mW)

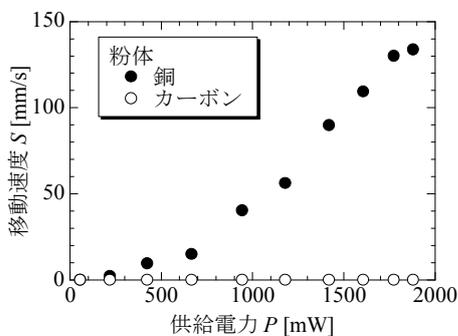


図4 粉体の移動速度と IDT への供給電力の関係

#### 4 結 論

SAW アクチュエーターの $\mu$ TAS における適応範囲を大幅に拡大させるため、SAW 駆動による粉体の移動特性について検討した。具体的には、比重の異なる 2 種類の粉体 (銅、カーボン) の移動速度と SAW アクチュエーターへの供給電力の関係について調べた。その結果、銅粉の場合、SAW アクチュエーターの供給電力を増加させるとともに、粉体の移動速度が増加することがわかった。一方、カーボンにおいては供給電力を増加させても移動しないことがわかった。これらのことから、比重の大きな粉体は移動させやすいことがわかった。

今後、比重の小さな粉体においても移動可能な SAW アクチュエーターとするため、IDT の形状によって決定される SAW の周波数をパラメーターに粉体の比重と移動速度との関係等について検討する予定である。

#### 参 考 文 献

- 1) Y. Utsumi, T. Saiki and K. Okada, 12th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences ( $\mu$ TAS2008), 715 (2008).
- 2) T. Saiki, K. Okada and Y. Utsumi, 13th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences ( $\mu$ TAS2009), 58 (2009).
- 3) M. Kurosawa, M. Takahashi and T. Higuchi, IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 43, 901 (1996).

(文責 才木常正)  
(校閲 吉岡秀樹)