

# のこぎり歯形状を有する表面によるマイクロパーツの搬送

## ～ 第2報 マイクロパーツの振動輸送実験 ～

○菅野直人, 三谷篤史, 平井慎一 (立命館大学)

# Micro Parts Feeding by a Saw-tooth Surface

## ～ 2nd Report - Experiments of Micro Parts Feeding ～

○Naoto SUGANO, Atushi MITANI, Shinichi HIRAI(Ritsumeikan Univ.)

This paper investigates micro-parts feeding using a saw-tooth surface with simple planar and symmetric vibration. In parts feeding, the driving force applied on each part must vary according to the direction of motion of the part so that the part moves in one direction. We describe a driving system of the proposed mechanism and a saw-tooth surface. We show experimental results to examine whether the proposed method performs micro-parts feeding.

### 1 緒言

近年, 電子機器の小型化に対する要求や, 携帯電話などのモバイル機器の普及と共に, 基盤実装用小型抵抗・コンデンサなどのマイクロパーツが大量に生産・消費されている。

本研究では, フィーダの表面にのこぎり歯形状の溝加工を施し, 正負方向の接触条件を変えることによって, 垂直方向の振動を利用することなく, 対称な駆動信号によって平面振動輸送を実現する方法を提案する。本報告では, 方形波信号による水平振動を与えた場合のマイクロパーツの挙動を, 実験的に明らかにする。

### 2 実験装置

#### 2.1 パーツフィーダ駆動装置

Fig.1 に駆動システムの概略図を示す。駆動用アクチュエータとして, バイモルフ型圧電素子を2枚用いる。一端を固定端支持としたバイモルフ型圧電素子の屈曲運動を, ベアリングを用いた回転端を介してフィーダテーブルに伝達し, フィーダテーブルの往復運動として得る機構である。圧電素子の駆動信号源として関数発生器および, メステック製の圧電アクチュエータ駆動用増幅器を用いる。フィーダ表面には, 表面加工を施したシリコンウエハを用いる。

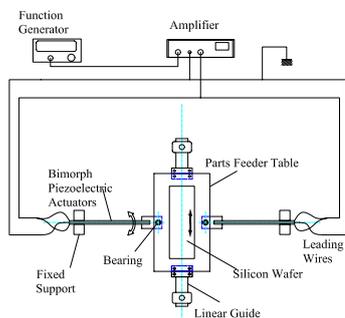


Fig. 1: Driving system of the proposed mechanism

#### 2.2 フィーダ表面

パーツフィーダ表面として, のこぎり歯形状に加工したシリコンウエハを用いる。Fig.2(a) にシリコンウエハの断面図, (b) に表面の顕微鏡写真を示す。シリコンウエハの加工には, のこぎり歯形状を形成するため, 三角形のブレードを用い表面に溝掘を行った。ここで,  $p$  はピッチ,  $l$  は切り込み長さ,  $d$  は溝深さ,  $\theta$  は溝の仰角である。

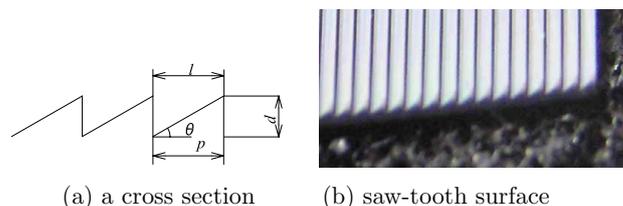


Fig. 2: Saw-tooth surface of silicon wafer

### 3 輸送実験

本研究では, セラミックコンデンサ 2012 型および 1005 型のワーク輸送の方向性を確認し, その後, 2012 型について輸送実験を行う。なお, セラミックコンデンサのサイズは 2012 型が  $2.0\text{mm} \times 1.2\text{mm} \times 0.6\text{mm}$ , 1005 型は  $1.0\text{mm} \times 0.5\text{mm} \times 0.5\text{mm}$  である。また, 本報告では, Table 1 に示すフィーダ表面を用いて輸送実験を行う。

Table 1: Surface shape parameter

Type	30°	60°
$\theta$ [deg]	30	60
$p$ [mm]	0.1835	0.0557
$l$ [mm]	0.1835	0.0557
$d$ [mm]	0.1250	0.1250

#### 3.1 2012 型の輸送実験

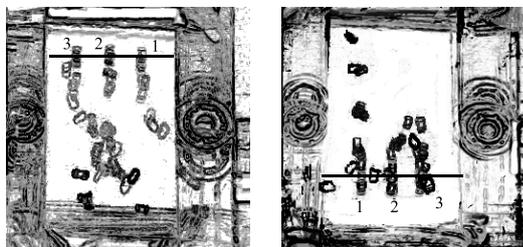
##### 3.1.1 $\theta=30^\circ$ 表面を用いる場合

フィーダ表面として, Table 1 に示す  $\theta=30^\circ$  のシリコンウエハを用いて, のこぎり歯形状の傾斜面が奥行き側の場合 (正方向配置) と手前側の場合 (負方向配置) についてそれぞれ, 2012 型のワークの輸送実験を行った。10Hz 駆動時で約 1 秒間撮影した実験結果を Fig.4(a)(b) に示す。正方向配置においては, 駆動中にワークの回転や跳躍, 横転が頻繁に生じており, 輸送は不安定である。逆方向についても同様に, 輸送方向の反転が生じている。

15Hz 駆動時の実験結果を Fig.5(a)(b) に示す。ここでは約 4 秒間撮影した。正負方向どちらも良好な実験結果が得られた。また, シリコンウエハの配置によってワークの輸送方向が反転することが確認された。

Fig.6(a)(b) に, 30Hz 駆動時において約 8 秒間撮影した結果を示す。この場合, 運動の方向性はみられるものの輸送がほとんど行われておらず, 輸送開始位置からほとんど動いていないワークが存在する。

本実験において、10Hz 駆動では跳躍や回転などの運動がワークに生じ、安定した輸送が行えなかった。これは、フィーダの振動振幅が大きいために、フィーダ表面とワークの接触時における衝撃力が大きく、接触点を支点とした回転モーメントが発生し、ワークの先端が浮き上がる現象が起きたと考えられる。30Hz 駆動においては、フィーダの振動振幅が小さすぎたため、すべりを生じない接触状態への移行が行われず、良好な輸送条件が得られていないと考える。



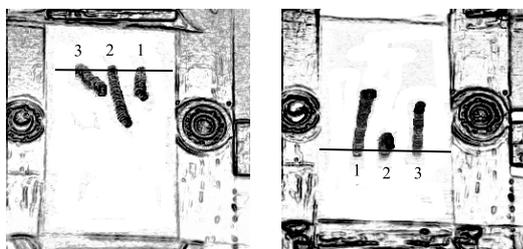
(a) positive direction (b) negative direction

Fig. 3: 2012 Motion at 10Hz square wave on  $\theta=30^\circ$  surface



(a) positive direction (b) negative direction

Fig. 4: 2012 Motion at 15Hz square wave on  $\theta=30^\circ$  surface



(a) positive direction (b) negative direction

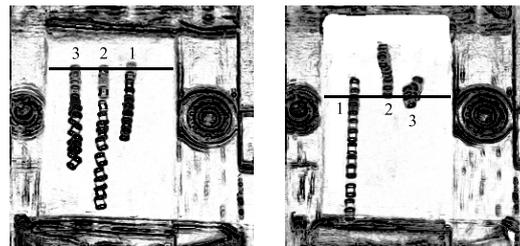
Fig. 5: 2012 Motion at 30Hz square wave on  $\theta=30^\circ$  surface

### 3.1.2 $\theta=60^\circ$ 表面を用いる場合

フィーダ表面を Table 1 に示す  $\theta=60^\circ$  のシリコンウエハに変更し、前項の輸送実験で最も良好な結果が得られた 15Hz 駆動と同一の駆動条件で実験を行った。約 2 秒間の撮影結果を Fig.7(a)(b) に示す。正方向においては、ワーク 2 のみが約 2 秒で一番下まで到達している。また、ワーク 3 は輸送中に回転している。ワーク 1 においては半分程度の輸送しか行っていない。負方向においては、シリコンウエハの反転にもかかわらず、ワーク 1 は下方向に進んでいる。ワーク 2, 3 は上方向に進んでいるもののほとんど輸送されていない。従って、 $\theta=60^\circ$  のシリコンウエハでは輸送の方向性は得られなかった。

いくつかのワークにおいて 3.1.1 項の実験よりも高速な輸送が実現できている一方で、運動の方向性は得られなかった。高速輸送が可能な理由は、 $\theta=60^\circ$  の表面が  $\theta=30^\circ$  に比して凝着力の影響が小さいためである。また、運動の方向性が得られな

かった理由としては、 $\theta=60^\circ$  では斜面接触点でのすべりが生じなかったためであると考えられる。



(a) positive direction (b) negative direction

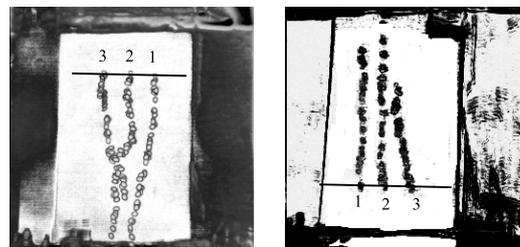
Fig. 6: 2012 Motion at 15Hz square wave on  $\theta=60^\circ$  surface

## 3.2 1005 型の輸送実験

### 3.2.1 $\theta=30^\circ$ 表面を用いる場合

実験条件は 3.1.1 項の 15Hz 駆動時と同一である。また、フィーダ表面として Table 1 の  $\theta=30^\circ$  のシリコンウエハを用いた。約 5 秒間撮影した結果を Fig.7(a)(b) に示す。この場合においてもシリコンウエハの向きによって運動の方向が変わっていることがわかる。正方向においては、すべてのワークにおいて左右への運動が生じており、ワーク 3 は他のワークに比べて輸送距離が小さい。逆方向においては、ワーク 1, 2 が直線的に動いているが、輸送距離にばらつきが生じている。

3.1.1 項の 15Hz 駆動との比較すると、2012 型に比べ低速な駆動になっている。これは、1005 型が 2012 型より小型かつ軽量なために、フィーダの駆動により生じるワークの慣性力が小さくなり、相対的に凝着力による大きくなったためであると考ええる。また、輸送時の左右への運動は、パーツの個体差やシリコンウエハののこぎり歯形状の加工精度などの要素が接触条件の変動をもたらしたためであると推察される。



(a) positive direction (b) negative direction

Fig. 7: 2012 Motion at 15Hz square wave on  $\theta=60^\circ$  surface

## 4 結言

本報告では、バイモルフ型圧電素子を用いた振動式パーツフィーダを開発し、フィーダ表面にのこぎり歯型の溝加工を施すことによりワークの運動に方向性を持たせることを提案した。のこぎり歯の仰角が  $\theta=30^\circ$  の場合、ワークの運動に方向性を持たせることができた。今後の課題としては、より適したフィーダ表面の加工、アクチュエータの駆動電圧および周波数の検討などが挙げられる。最終的には、同一フィーダ上での輸送速度の変更を実現したい。

### 参考文献

[1] 三谷篤史: のこぎり歯形状を有する表面によるマイクロパーツの輸送 第 1 報 圧電素子を用いた振動輸送システム, SICE SI2004.