

加工誤差を考慮した静電モータに対する検討

Study on Electrostatic Motor Considering Manufacturing Errors

田巻 祐哉[†] 木屋 大地[†] LYU SHUXIN[†] 森下 克幸[†] 齊藤 健^{††}Yuya TAMAKI[†] Daichi KIYA[†] Shuxin LYU[†] Katsuyuki MORISHITA[†] Ken SAITO^{††}[†] 日本大学大学院理工研究科精密機械工学専攻 ^{††} 日本大学理工学部精密機械工学科[†] College of Science and Technology, Nihon University ^{††} Graduate School of Science and Technology, Nihon University

1. はじめに

世界中で温室効果ガスによる地球温暖化が深刻な問題となっている。日本では、主に温室効果ガスを排出する火力発電に依存し、発電した電力の約 55% はモータによって消費されている[1][2]。従って、電力の消費量を低下させるために、低消費電力で駆動するモータの開発が求められている。同時に、スマートフォンなどの小型化が進み、小型で薄型な構造を持つモータの開発が求められている[3]。

我々は低消費電力かつ薄型化に適した静電モータの研究を行った[4]。静電モータは電圧駆動型のモータであり、他のモータと比較して消費電力が小さい。また、平面構造であり、微細加工技術で製作可能なため小型化および薄型化が実現できる。先に開発した静電モータは、最小加工精度が $1\ \mu\text{m}$ であり電子描画装置を用いて試作した。しかし、電子描画装置は高額であり、一般的な製造工程に含めるのは困難である。そのため、フォトリソグラフィ技術を用いて静電モータの試作をしたが加工誤差により駆動しなかった。

本論文では、加工誤差を考慮した櫛歯の設計を行った静電モータについて検討したので報告する。

2. 加工誤差を考慮した静電モータ

先に試作した静電モータは、フォトリソグラフィ技術で製作可能にするため最小加工精度を $10\ \mu\text{m}$ で $20\ \text{mm} \times 20\ \text{mm}$ のチップサイズに入るように、櫛歯の重なり長さ $a = 510\ \mu\text{m}$ 、櫛歯間距離 $G_1 = 16\ \mu\text{m}$ 、櫛歯間距離 $G_2 = 19\ \mu\text{m}$ 、櫛歯の数 $n = 198$ で設計した。微細加工技術を用いて製作を行ったが、櫛歯間距離に加工誤差が生じた。そのため、想定通りの静電引力を発生することができず駆動しなかった。

図 1 に加工誤差を考慮した静電モータを示す。先に試作した静電モータは、櫛歯間距離 $G_1 = 16\ \mu\text{m}$ 、櫛歯間距離 $G_2 = 19\ \mu\text{m}$ で設計したが、加工誤差により櫛歯間距離 $G_1 = 18\ \mu\text{m}$ 、櫛歯間距離 $G_2 = 19\ \mu\text{m}$ であった。本研究では、櫛歯間距離を $1\ \mu\text{m}$ ずつ変更し、4 つの異なるパターンの設計を行った。図 2 に櫛歯間距離の比較を示す。今回の再設計により、初期状態での静電引力の増加や加工誤差を考慮した設計にすることで駆動可能だと考えられる。

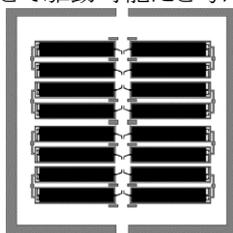
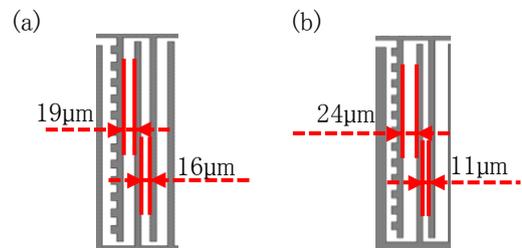


図 1 加工誤差を考慮した静電モータ



(a)先に試作した静電モータ

(b)加工誤差を考慮した静電モータ

図 2 櫛歯間距離の比較

4. まとめ

本論文では、加工誤差を考慮した櫛歯の設計を行った静電モータの検討を行った。櫛歯間距離を変更することで初期状態での静電引力の増加や加工誤差を考慮した設計にすることで駆動可能だと考えられる。今後は、設計を基に作製および駆動実験を行う予定である。

5. 謝辞

本研究は、文部科学省「マテリアル先端リサーチインフラ」事業(JPMXP1223UT1015)の支援と東芝デバイス&ストレージ株式会社の学術奨励プログラムの支援を受けたものです。また、令和 2 年度日本大学学術研究助成金総合研究の助成、および令和 4 年度日本大学特別研究の助成を受けたものである。静電モータの試作は、日本大学マイクロ機能デバイス研究センター、武田先端知ビルスーパークリーンルーム(d.lab)の支援を受けて行われたものです。

参考文献

- [1] 一般社団法人日本電機工業会:「トップランナーモータ」, https://www.jem-net.or.jp/Japanese/pis/top_runner/sansou_yudou.html(参照 2023-12-30).
- [2] 経済産業省資源エネルギー庁,「エネルギー白書 2023」, 2023.
- [3] 総務省,「令和 4 年度版 情報通信白書」, 2022.
- [4] Ken Saito, Daniel S. Contreras, Yudai Takeshiro, Yuki Okamoto, Satoshi Hirao, Yuya Nakata, Taisuke Tanaka, Satoshi Kawamura, Minami Kaneko, Fumio Uchikoba, Yoshio Mita, and Kristofer S. J. Pister: “Study on Electrostatic Inchworm Motor Device for a Heterogeneous Integrated Microrobot System”, Trans. of The Japan Institute of Electronics Packaging, Vol.12, pp. E18-009-1-E18-009-7, (2019).