

Au 積層メタル技術による MEMS デバイスのための 九十九折ばね設計手法の検討

Design of serpentine spring for MEMS devices by gold multi-layer metal technology

東京工業大学, °御宿 希祐, 大西 哲, Tenneti Devi Srujana,

町田 克之, Chakraborty Parthojit, 曾根 正人, 三宅 美博, 伊藤 浩之

Tokyo Tech, °Kisuke Miyado, Akira Onishi, Devi Srujana Tenneti, Katsuyuki Machida,

Parthojit Chakraborty, Masato Sone, Yoshihiro Miyake, Hiroyuki Ito

E-mail: paper@lsi.pi.titech.ac.jp

【はじめに】当研究室では、高分解能化を目指し金 (Au) を錘に用いた静電容量型 MEMS (MicroElectroMechanical Systems) 加速度センサを検討している [1]。本デバイスを実現するために Au 積層メタル技術による錘およびばねを作製し、ばね構造として低ばね定数(k)を容易に得ることが可能な九十九折ばねを採用してきた[2]。しかし、ばね解析モデルと実測値に誤差があり、モデルの適用範囲など要因分析が必要であった。これまで、解析モデルに関して多くの報告がある[3-7]。今回、我々は、デバイスの対称性の観点から、ばねの固定端と終端位置を考慮 (ばね構造の対称性に着目) し解析モデルの適用性を検討したので報告する。

【解析モデルの検討】本検討は、1 軸 MEMS 加速度センサを対象に z 軸方向のばね定数(k_z)について実施した。解析モデルとして分布荷重を原理とした Fedder モデル (以下 F モデル) [3]と 1 点荷重を原理とした Barillaro モデル (以下 B モデル) [4]に着目した。Fig.1(a),(b)に B モデルおよび F モデルの平面図を示す。B モデルは対称性があるが、F モデルは解析上非対称であり、対称とする場合はレイアウト上で両端を $L/2$ としている。本検討では、この仮定の妥当性も調べた。

【評価結果】評価は、二つのモデルについて有限要素法 (FEA:COMSOL) と実測値との比較をおこなった。九十九折ばねの効果を確認するために、ばね定数(k_z)の折り返し数 N 依存性を調べた。条件は、ばね構造のパラメータである九十九折長さ L 、接続棒長 a 、ばね厚さ t 、ばね幅 w をそれぞれ $307\mu\text{m}$ 、 $60\mu\text{m}$ 、 $12\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ 一定とし、折り返し数 $N=4, 6, 8, 10$ とした。Fig.2 に B モデルの比較結果を示す。図中に $N=4$ の時のばねの実測値と比較した。B モデルと FEA のばね定数の傾向は同じである。しかし、 $N=6$ 以下の場合になると両者の誤差は大きくなる。特に、実測値との比較では、FEA の結果は、実測値に近いが、B モデルの結果は $1/2$ 以下である。次に、F モデルの評価結果を Fig.3 に示す。F モデルの結果とこの同じ構造に対しての FEA の結果は、同じであり、F モデルが有効な設計手段であることを示している。一方、対称構造の場合は、 N が少ない時には、誤差が大きく、 N が多くなるにつれて誤差が小さくなり、Fedder の仮定で適用できる範囲が「 N が多い場合」であることを示している。この理由として九十九折の効果が大きくなり終端の影響が無視できるからと考える。

【まとめ】ばね設計において Barillaro モデルよりも Fedder モデルが有効であり、 N が少ない場合には、有限要素法が有効であることがわかった。 N が多くなるとばねが占める面積が大きくなることから N が少ない場合の検討が必要である。また、プロセス要因によるばらつきの影響を考慮した設計手法については本講演で報告予定である。

【謝辞】本研究は JST CREST (JPMJCR21C5)の助成を受けたものである。

【参考文献】 [1] K. Masu, *et al.*, *ECS Transactions*, 97, 2020, pp. 91-108. [2] D.Yamane, *et al.*, *SSDM* 2016, 26-29, 2016. [3] G.K. Fedder, Ph.D. Thesis, University of California at Berkeley, 1994 [4] G. Barillaro, *et al.*, *J. Micromech. Microeng.* 15 (2005) 736-746 [5] W.Wai-Chi, *et al.*, *Arch.Mech.*, 62,5,pp405(2010)[6] A. Bachipale, *et al.*, *IJRITCC*, Volume: 3 Issue: 6(2015)3924[7] P. Negrea, *et al.*, *AFASES* 2019, pp154-159

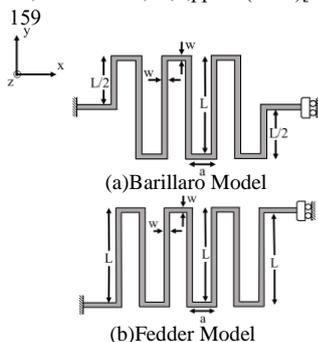


Fig.1 Top view of serpentine spring;
(a) Barillaro Model (b) Fedder Model.

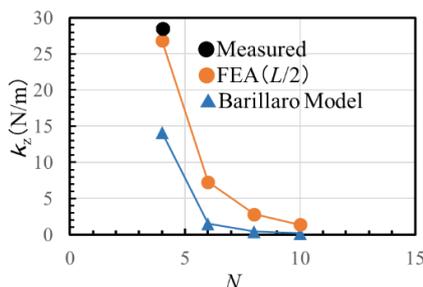


Fig.2 Comparison of Barillaro model and finite element analysis as a function of the number of connect beams (N).

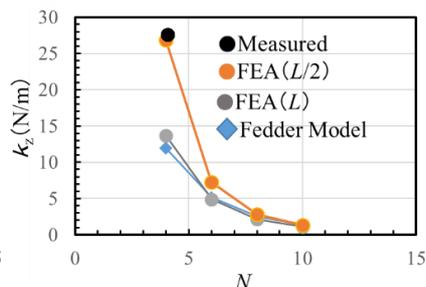


Fig.3 Comparison of Fedder model and finite element analysis as a function of the number of connect beams (N).