

ピラー型電極による単一 Au 錘 3 軸 MEMS 加速度センサの感度均一化の検討

A Study on Uniform Axial Sensitivities for Single Au Proof-Mass 3-axis MEMS Accelerometer with Pillar-Shaped Electrodes

東工大¹, NTT-AT², ○市川 崇志¹, 渥美 賢¹, 古賀 達也¹, 山根 大輔¹,
飯田 慎一², 伊藤 浩之¹, 石原 昇¹, 町田 克之¹, 益 一哉¹

Tokyo Tech.¹, NTT-AT², ○Takashi Ichikawa¹, Ken Atsumi¹, Tatsuya Koga¹, Daisuke Yamane¹,
Shin-ichi Iida², Hiroyuki Ito¹, Noboru Ishihara¹, Katsuyuki Machida¹, Kazuya Masu¹

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

【はじめに】MEMS 加速度センサのさらなる応用拡大に向けて、当研究室では、単一 Au 錘 3 軸静電容量型 MEMS 加速度センサを検討している[1]。これまで X、Y 軸検出電極として検討してきた櫛歯型や平行平板型電極は、X、Y、Z 軸の感度が不均一なことが課題であった。本研究では、感度均一化のため、ピラー型電極を提案し検討をしている[2]。今回、センサ感度の解析式を導出し、X、Y、Z 軸検出電極の占有面積と感度の関係について検討をしたので報告する。

【センサ感度の解析】提案電極を用いた 3 軸加速度センサの概念図を Fig.1 に示す。Fig.1(a)に各軸の検出エリア A_X 、 A_Y 、 A_Z を示す。 A_X 、 A_Y は Fig.1(b) のような、 A_Z は Fig.1(c) のような最小構成ユニットが 2 次元アレイ状に多数敷き詰められた構造をしている。次式(1)、(2)は概念図をもとに導出した各軸の感度 $S_{X \text{ or } Y}$ 、 S_Z の近次式である。

$$S_{X \text{ or } Y} \approx 9.8\epsilon l h \frac{1}{\omega_{res}^2} \left(\frac{1}{d_1^2} - \frac{1}{d_2^2} \right) \times \frac{A_{X \text{ or } Y}}{(l + 2d_1 + w)(d_1 + d_2 + 2w)} \quad (1)$$

$$S_Z \approx 9.8\epsilon (w^2 + 2wd_3) \frac{1}{\omega_{res}^2} \left(\frac{1}{d_{z1}^2} + \frac{1}{d_{z2}^2} \right) \times \frac{A_Z}{(w + d_3)^2} \quad (2)$$

ここで d_1 、 d_2 、 d_{z1} 、 d_{z2} は Fig.1 の中に示す。 ϵ が空気の誘電率、 ω_{res} が共振角周波数、 h が錘の厚さ、 l はピラー型電極の極板長を示す。

次に導出した感度解析式をもとに各軸電極面積の関係について検討した。Fig.2 に感度の X、Y 軸占有面積依存性を示す。解析条件として、チップサイズを 4 mm 角、最小ギャップを 10 μm とした。錘全体の面積に対して X、Y 軸電極の合計の占有面積が 93% のとき 308 fF/G で各軸の感度が均一になることが分かった。

【結論】提案電極の感度解析式を導出し、各軸電極面積と感度の関係について検討した結果、ピラー型電極を用いることで単一 Au 錘 3 軸加速度センサの感度均一化の実現見通しを得た。

【謝辞】本研究は、JST CREST JPMJCR1433、JSPS 科研費 19K05232 の支援を受けたものである。

[1] 市川崇志 他, 平成 30 年応用物理学会秋季学術講演会, 2018, No. 18p-PB2-5.

[2] 渥美賢 他, 平成 31 年応用物理学会春季学術講演会, 2019, No. 11a-W934-1.

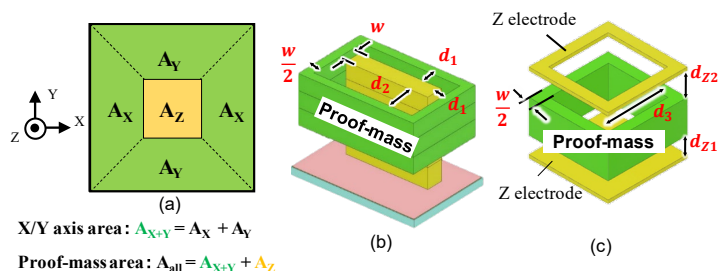


Fig.1. Single Au proof-mass 3-axis MEMS accelerometer with pillar-shaped electrodes (a) Whole view, (b) X/Y axis electrode and (c) Z axis electrode.

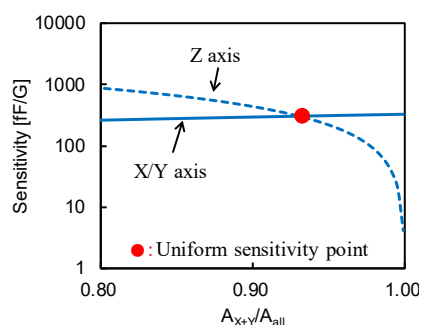


Fig.2. Sensitivity analysis result.