

ポリ尿素圧電膜を用いた 3 軸加速度センサの試作

田原雅哉, 中澤麻梨江, 中村健太郎, 上羽貞行
東京工業大学 精密工学研究所

1 はじめに

近年, モーションセンサは自動車の衝突検出や HDD 落下検出, ゲーム機など, 応用が広がりつつあるが, 大変形に耐えるものや高機能なものが求められている. 著者らは, 従来のセンサ材料として用いられているシリコンや圧電セラミクスに代わり, ポリ尿素(PU)を用いることを提案している^[1]. PU は, 圧電性高分子のひとつで大変形に耐え, センサ感度の指標である圧電 g 定数が PZT に比べ桁大きい. また, ドライブプロセスで作製可能であるため, 複雑形状や任意基板への成膜が可能である上, 有機溶媒に不溶であることから, 微細加工プロセスに適している^[2].

今回は, PU に 5×10^{-3} 以上の歪みを加えた時の出力電圧特性を測定した. また, 高機能センサとして, 3 軸加速度センサの製作を行い, 動作確認を行った.

2 片持ち梁センサによる大変形出力特性

大変形に対する PU の出力を検討するため, 片持ち梁センサの製作を行う. **Figure 1** にその構造を示す. 25 μm のポリイミド基板に下部電極を 0.1 μm , PU を 3.5 μm , 上部電極を 1 μm 蒸着する. PU は蒸着重合法により作製される. 本研究では 4,4'-ジフェニルメタンジイソシアナート(MDI)と 4,4'-ジアミノジフェニルエーテル(ODA)を使用した^[3]. MDI と ODA を真空槽内で加熱, 蒸発させると, 真空槽内に設置した基板の上に PU が成膜される. 蒸着後, 分極処理を施すことで PU は圧電体となる. PU が圧電膜となる範囲は上部電極と下部電極が重なる $6 \times 10 \text{ mm}^2$ の範囲である. 製作した素子をバネ性を有するベリリウム銅片持ち梁(長さ 18

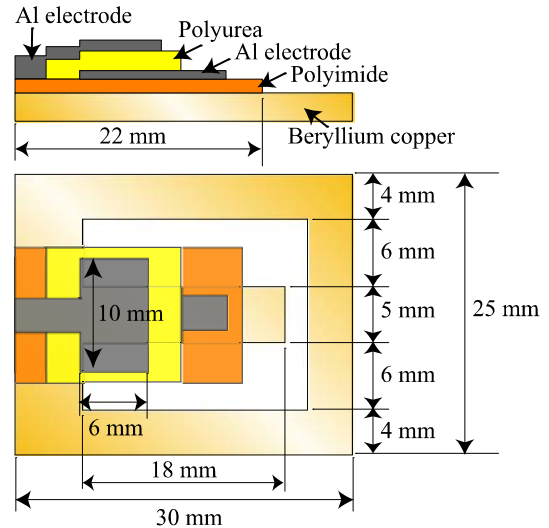


Fig. 1 Cantilever sensor for testing the output characteristics of the polyurea film accelerometer.

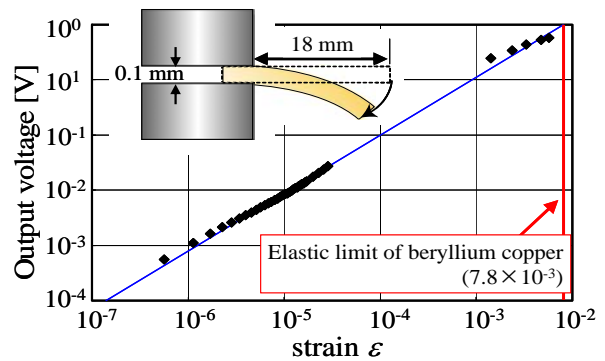


Fig. 2 Output voltage vs. the strain of the cantilever.

mm, 長さ 18 mm, 幅 5 mm)の根元付近に接着する. 5×10^{-5} 以下の歪みは加振機で梁に振動加速度を加えることにより与える. 10^{-3} 以上の歪みは, 梁先端に加える静的な力により与える. **Figure 2** に歪みに対する片持ち梁センサの出力電圧を示す. 微小変形から大変形まで, 歪み対して良好な線形性を示すことが分かる. 大変形域で出力電圧が飽和しているのは, ベリリウ

ム銅で作製した梁の弾性限界に近付いているためと考えられる。

3.3 軸加速度センサの製作

本研究では、高性能センサとして3軸加速度センサの製作を行う。Figure 3にその構造を示す。十字梁を形成した厚さ0.1 mmのリン青銅基板の上に、PU絶縁膜を5 μm蒸着する。その上に下部電極を0.2 μm、PU圧電膜を3.5 μm、上部電極d₁~d₄を0.2 μm蒸着する。リン青銅基板下部に錘としてφ3、質量0.3 gのネジを取り付ける。x, y方向に加速度を印加すると、d₁とd₃、d₂とd₄からそれぞれ極性の反転した電圧が出力される。またz方向に印加すると、d₁~d₄まで同極性の電圧が出力される。これに下記の演算を施し、x, y, z方向の加速度信号V_{ax}, V_{ay}, V_{az}に分離する。

$$\begin{aligned} V_{ax} &= \{V(d_1) - V(d_3)\} / 2 \\ V_{ay} &= \{V(d_2) - V(d_4)\} / 2 \\ V_{az} &= \{V(d_1) + V(d_2) + V(d_3) + V(d_4)\} / 4 \end{aligned} \quad (1)$$

Figure 4左に各軸方向に振動加速度を印加した時のV(d₁)~V(d₄)の結果、Figure 4右にEq. (1)の演算結果を示す。それぞれ上からx, y, z方向の加速度を印加している。この結果から、PUセンサにより3軸の加速度を検出できていることが分かる。Figure 4左のz軸方向加速度印加の結果より、V(d₁)~V(d₄)の検出感度がばらついていることが分かる。検出感度の違いを補正し、製作したセンサの各方向の他軸感度を評価した。補正しない場合は0.224~14.4%であったが、補正することで0.165~7.35%に抑制することができた。

4 おわりに

PUを用いた片持ち梁センサの製作を行い、大変形に対する出力電圧を測定した。今回製作した梁の基板材料の弾性限界まで線形であることが分かり、それ以上の変形を加えても線形である可能性を示した。また、高性能センサとして3軸加速度センサの製作した。その動作確

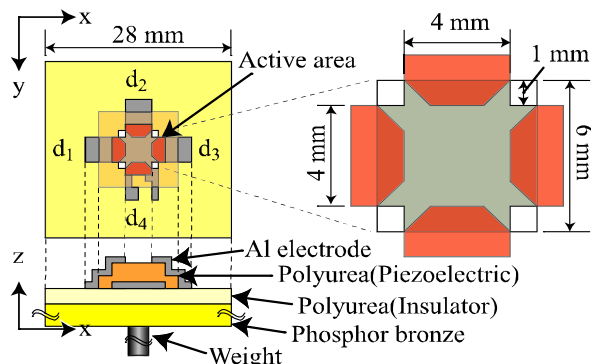


Fig. 3 Configuration of the three-axis acceleration sensor using polyurea film.

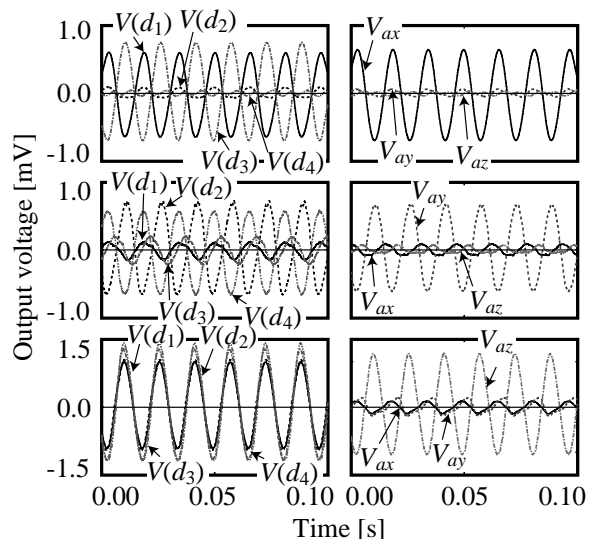


Fig. 4 Output voltages for the input x-axis(top), y-axis(middle) and z-axis(bottom) harmonic accelerations using a shaker.

認を行い、加速度を3軸に分離できることを明らかにし、検出感度のばらつきを補正することで、他軸感度を7.35%以下に抑制した。

参考文献

- [1] 田原他, 信学技報(US), 105(345), 13-16, 2006.
- [2] 浮島他, 真空, 34(3), 358-360, 1991.
- [3] X. S. Wang *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 34, 1585, 1995.