

MEMS 技術を用いた微差圧センサーの試作(4)

- Manufacture of a micro pressure sensor using MEMS technology (4) -

○山本 真稔¹ 土橋 公一¹ 服部 宏史² 松本 彰³ 関谷 直樹³Masatoshi Yamamoto¹ Koichi Dobashi² Hirochika Hattori² Akira Matsumoto³ Naoki Sekiya³

Recently, the study on the flow around a wing at low Reynolds number has been carried out actively. It was also desired to measure the minute pressure on the wing surface with good accuracy. However, the commercial sensors were not suitable for the small pressure and their sizes were too large to put them on the wing surface. Thus, we devised the manufacturing process of a semiconductor-type sensor for the pressure measurement within the range of several Pa using MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) technology. Furthermore, we evaluated the static and the dynamic characteristics of the sensor.

1. はじめに

近年, 低レイノルズ数域における翼周りの流れの研究が盛んに行われている. その研究方法としては, 可視化実験, 熱線風速計を用いた伴流を含む翼周りの速度場の計測⁽¹⁾および数値計算⁽²⁾などが主に行われている. しかし, これらの多くは翼周りの速度分布を調べたものであり, 直接的に翼に働く圧力に関する報告は少ない. 低レイノルズ数域において物体表面の圧力を精度よく測定することが重要ではあるが, 市販の圧力センサーではフルスケールが 10[kPa]程度と大きく, 数 [Pa]の圧力変動の測定には不向きである. また, 翼模型への表面実装が困難であることなど問題が多い. そこで, 出来る限り小さくて微差圧の測定が可能な圧力センサーの開発が必要となった. 本研究の目的は, IC やマイクロマシーンなどの開発に用いられている MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を利用し, 圧力の測定範囲が数[Pa]でかつ, 平板翼の表面に実装可能な半導体式微差圧センサーの製作法の確立である.

本報告は, 圧力センサーの構造, センサー製作の問題点および試作センサーの静的および動的両面からの出力特性の結果を評価したものである.

2. 半導体式微差圧センサーの原理

我々の開発する半導体式微差圧センサーはピエゾ抵抗効果を利用したものであり, 全工程に MEMS 技術を用いてシリコンウェハ上に製作する. センサー部は

拡散型半導体歪ゲージとし, 必要な部分に高温下で不純物を選択拡散させることで形成する. 前野らの報告⁽³⁾から圧縮応力が生じる位置にピエゾ抵抗を配置し, 検出回路は温度保障も兼ねた 4 ゲージ法のホイートストンブリッジ回路を用いる.

3. 半導体式微差圧センサー製作プロセス

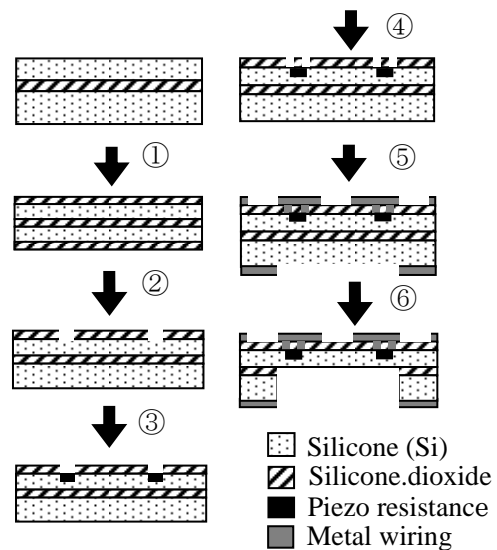


Fig.1 Manufacturing Process of a Micro Pressure Sensor

- ①工程: N 型 SOI ウェハを Wet 酸化し拡散防止膜である SiO₂ 層を形成する.
 ②工程: 化学エッチングにより SiO₂ 層を除去する.
 ③工程: 不純物(B)を選択拡散しピエゾ抵抗を形成する.
 ④工程: 一度 SiO₂ 層を完全に除去し, 新たに SiO₂

層を形成する．その後，化学エッチングを用いてコンタクトホールを作る．

- ⑤工程：ウェハ両面に金属を蒸着し，化学エッチングを用いてメタル配線および ICP 用マスクを形成する．
- ⑥工程：ウェハ裏面に ICP エッチングで深堀し，その後化学エッチングにより SiO₂ 層（ボックス層）を除去しダイヤフラムを形成する．

4. センサーの性能

4.1. 静特性

Fig.2 にセンサーの静特性の結果を示す．試作センサーは基板に取り付け後，光透過性のないアクリル製のカップで密閉する．そして，圧力校正器からセンサーの上下面へチューブを介して加圧できる状態にする．センサーはホイートストンブリッジに組み立てられており，10[mA] の定電流を流している．ブリッジの出力は 50,000 倍に増幅され，ローパスフィルタ，AD 変換器を介して PC に取り込む．2[Pa] ずつ加減圧しながら，サンプリング周波数 10,000[Hz] で，300,000 点のデータを採取し，時間平均をとった．センサーに最大±20[Pa] の圧力を加えたとき，出力はヒステリシスもなく，直線性も良かった．また，再現性も良好であった．

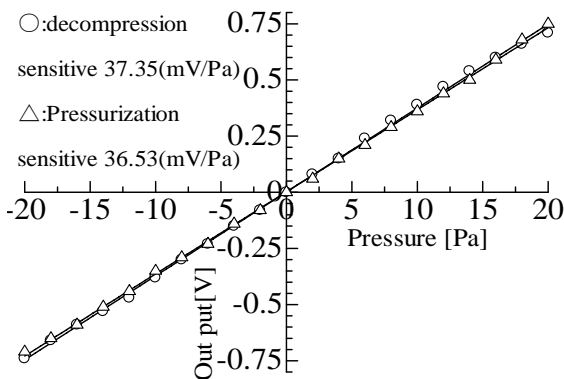


Fig.2 Static characteristic of sensor

4.2. 動特性

昨年度は加振器を用いてセンサー全体を振動させた動特性実験を行ったが 300~400[Hz] で取り付け治具との共振が見られた．そこで今年度は，センサーにスピーカーからの音圧を強制振動として加えた．正弦波信号を加えたときのスピーカーからの出力(音圧)信号はコンデンサーマイクで測定し，一定とした．この信号をセンサーの入力とし，周波数を変化させて出力を測

定した．Fig.3 から 350[Hz] から 1200[Hz] までの範囲でほぼフラットな特性を示している．350[Hz] 以下では昨年度の加振器の実験においては見られなかった出力電圧の増加がある．これはスピーカーの音圧信号が低周波域で正弦波からくずれなどの原因が考えられるが現在調査中である．

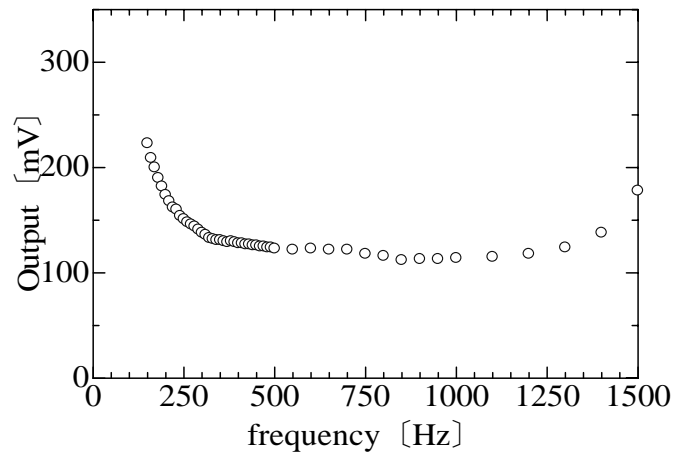


Fig.3 Dynamic testing of pressure Sensor

5. まとめ

1. 今回試作を行ったセンサーでは±20[Pa] までは直線性が得られ，感度も最大 37.3[mV/Pa] を得ることができた．
2. 動特性に関しては昨年度の加振器による実験では発生しなかった出力の低周波領域における増加が見られた．この原因については現在検討中である．
3. 製作から測定にいたるまでの間の様々な要因が歩留まりや出力に影響をおよぼしていると考えられる．しかしながら，完成品の個体差を完全に除去することや歩留まりを 100% にすることは現実的には不可能であるが，近づけることは可能である．

今後はさらなるプロセスの改善や，翼への実装可能なマスクパターンの開発，そして最終的には翼表面への実装を目指している．

6. 参考文献

- (1) 大竹智久・中江雄亮・本橋龍郎：日本航空宇宙学会論文集 第 55 巻 第 644 別冊(2007)
- (2) 本橋龍郎・中根紀章：理工学研究所報第 106 号
- (3) 前野優揮他：平成 21 年度日本大学理工学研究科修士論文