

# ミニマルファブを用いたピエゾ抵抗型加速度センサの開発

Study of Piezo-resistive Accelerometer using Full Minimal Fab

ミニマルファブ推進機構<sup>1</sup>, 産業技術総合研究所<sup>2</sup>,  
 ○小粥 敬成<sup>1</sup>, 田中 宏幸<sup>1,2</sup>, 居村 史人<sup>1,2</sup>, クンプアン ソマワン<sup>1,2</sup>, 原 史朗<sup>1,2</sup>

MINIMAL<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>,  
 Hiroshige Kogayu<sup>1</sup>, Hiroyuki Tanaka<sup>1,2</sup>, Fumito Imura<sup>1,2</sup>  
 Sommawan Khumpuang<sup>1,2</sup>, and Shiro Hara<sup>1,2</sup>  
 E-mail: hiroshige-kogayu@minimalfab.com

**【背景・目的】** MEMS デバイスは近年 IoT の進展に伴うセンサ市場の拡大とともに、その市場規模が拡大してきているが、MEMS デバイスは多品種少量のものが多い。MEMS の多品種少量性は、我々が開発してきたミニマルファブに適していることから、当初から装置の開発と共にデバイスの開発も進めてきた[1]。ハイブリッドプロセスの MEMS カンチレバー試作に始まり[2]、ハイブリッドプロセスによる CMOS-MEMS ダイアフラム型圧力センサの開発[3]、ピエゾ抵抗型加速度センサ作製[4]などを行ってきた。しかし、[4]の加速度センサについては、構造が形成できただけで、デバイスの動作確認は出来ていない段階にあった。MEMS デバイスをきちんと動作させるのに最も肝要なことは、構造をきちんと作り込むことであり、その観点からは、深掘りエッチングプロセスを意図通りに操って構造を正確に作ることに肝要である。我々は、この深掘りエッチング技術の開発を鋭意進めてきた[4]。そして、ボッシュプロセスを適切に制御することによりエッチング側壁の垂直性等、意図した構造を作り込むことができるようになってきた。そこで本稿では深掘り技術とドーピング技術を用い、代表的な MEMS デバイスの一つである、ピエゾ抵抗型一次元加速度センサを試作したので、その結果について述べる。

**【作製方法】** ピエゾ抵抗型加速度センサのプロセス設計として今回検討した主要プロセスは次の 3 つであり、その対応について以下に説明する。(1)ピエゾ抵抗素子の形成: *p*型 SOI 基板に *n*-well 形成後、*p*型ピエゾ抵抗を形成した。イオン注入装置は開発中のため、SOD 塗布と熱拡散によってボロンの導入を行なった。(2)ウェハ裏面へのパターン形成: すでにミニマルファブで実用化されているマスクアライナーを用いて、表裏構造のアライメントを行って、深掘りエッチング用のパターンをウェハ裏面へ形成した。なお、裏面用マスクは、ミニマルファブのマスクレス露光によって、外注せず自前で製造している。(3)厚膜レジスト、Al のマスクを用いた SOI 基板貫通エッチング: 図1に示すようにボッシュプロセスをブラッシュアップした Si 深掘りエッチング技術[5]を用いて、SOI ウェハを表面はレジストマスク、裏面は Al マスクを用いて SOI 基板の貫通エッチングを行なった。これに加えて酸化膜のドライエッチングについても新規に開発した C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> ガスを用いたプロセスにて対応した。以上のようにこれまでミニマルファブ装置で開発してきた技術と新規に開発した技術を駆使してプロセスインテグレーションを行ないデバイスの作製を行なった。

**【設計】** 加速度センサの基本構造として、カンチレバーを設計した。図2に概略を示す。図1の断面模式図と矢印のように対応している。アクチュエータカンチレバーと違い梁の重量を大きくする必要があるので、カンチレバーの付け根以外を大きく取った構造として錘の役割を持たせた。また、歪が最大となる付け根部分にピエゾ抵抗素子を配置した。ホイートストンブリッジ回路にて歪の変化を電位変化として検出する。

**【試作】** 図3に試作したカンチレバーの光学顕微鏡写真を示す。BOX 酸化膜が表面および裏面からの Si 深掘りエッチングのエッチストップパーとして機能し、SOI 基板の貫通エッチングができた。最後に BOX 酸化膜を上述のドライエッチングにて除去した。黒い部分は SOI 基板が貫通した部分である。また、白い部分はアルミニウム電極の部分である。4カ所の丸印部分はダイシングをせずに弱い力で簡単にチップを取り出せる構造である。以上のように構造に関しては意図したとおりのものができた。今後、カンチレバーの変位による電位の変化を確認する。詳細は当日の報告で述べる。

<参考文献>

- [1] 原史朗, クンプアンソマワン, 「ミニマルファブの開発とそのデバイスプロセス」, 応用物理, 83(5), 380 (2014).
- [2] クンプアンソマワン, 「ミニマルファブにおけるデバイスプロセス開発事例」, クリーンテクノロジー, Vol.23. No.12 (2014).
- [3] Y. X. Liu et al., Jpn. J. Appl. Phys. 57, 06HD03-1-6, 2018.
- [4] Tuan Anh Phan, 他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 6p-C21-13(2017).
- [5] 田中宏幸, 他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 21p-233-7 21p-233-7(2018).

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の助成事業 (JPNP12004) の結果得られたものです。

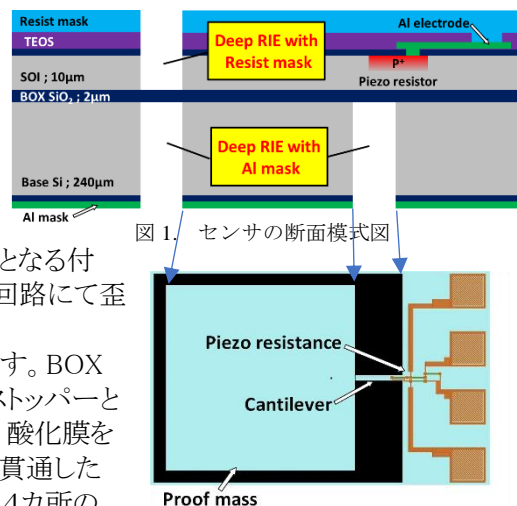


図 1. センサの断面模式図

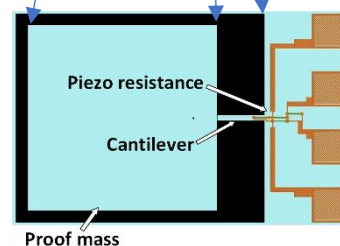


図 2. カンチレバーの設計図

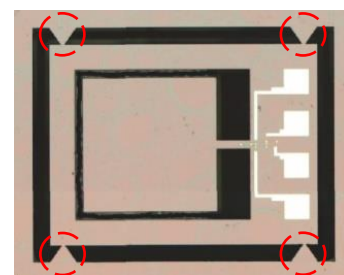


図 3. 試作したカンチレバーの光学顕微鏡写真