## ミニマルファブを用いた3軸ピエゾ抵抗型加速度センサの性能改善と MEMS デバイス歩留確認手法の検討

Process Improvement of three-axes Piezo-resistive Accelerometer and Development of MEMS Device Yield Check Method in Full Minimal-Fab Process

> 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>, (株)Hundred Semiconductors<sup>3</sup> <sup>○</sup>小粥 敬成<sup>1</sup>, 田中 宏幸<sup>2</sup>, 居村 史人<sup>2,3</sup>, クンプアン ソマワン<sup>1,2</sup>, 原 史朗<sup>1,2,3</sup>

> > MINIMAL<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>, and Hundred<sup>3</sup>

Hiroshige Kogayu<sup>1</sup>, Hiroyuki Tanaka<sup>2</sup>, Fumito Imura<sup>2, 3</sup> Sommawan Khumpuang<sup>1, 2</sup>, and Shiro Hara<sup>1, 2, 3</sup> E-mail: hiroshige-kogayu@minimalfab.com

[背景・目的] MEMS デバイスの多品種少量性は、我々が実用化し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 MEMS デバイスの開発も進めてきた[1]。これまで、様々な MEMS デバイスの試 作を行ってきたが[2][3][4]、ボッシュプロセスによる高精度の深掘りエッチング技術を用いて MEMS デバイス の構造を制御し[5]、ピエゾ抵抗型1軸、2軸及び3軸加速度センサを試作して、その基本特性および加速度 特性を得ることができた[6][7][8]。そこで我々は3軸加速度センサの性能向上を図るとともに、ハイブリッドデ バイス作製を目指した PMOS トランジスタの同時形成、さらに今後の生産フェーズを睨んでフルミニマルプロ セスを用いた MEMS 歩留の確認手法を検討した。本稿では、そのプロセス改良と歩留確認手法について、 実験を行った結果を報告する。

「作製、評価方法」前回報告「8]した3軸加速度センサでは加速度特性を得ることができたが、ウェハ表と裏 のパターンズレにより x 軸/y 軸方向で同等の感度が得られなかった。そこで今回は以下の項目に着目して プロセスの改良を行なった。①合わせズレの原因究明とプロセス改善;露光機をプロセス途中で変更すること によるレンズ収差の機差による寸法ズレが主な原因とわかった。露光装置の変更、エッチング装置の条件出 し等を行ない対応した。②PMOS トランジスタの同時形成:ピエゾ抵抗の拡散層保護酸化膜を熱酸化膜 10nm+TEOS 膜 300nm の構成から PMOS のゲート酸化膜として熱酸化膜 60nm にプロセス変更した。また、 ピエゾ抵抗のコンタクト抵抗改善として H₂シンタリングを行なっていたが、そのままゲート酸化膜のダメージ回 復としても H2 シンタリングを活用した。以上のプロセス変更により MEMS プロセスフローの中で PMOS トラン ジスタを作製した。次に MEMS 歩留の確認手法として簡便な方法で多数を確認できるよう、図1、2に示すよ

φ 12**.5mm** 

1.0E-02

1.0E-04

1.0E-06

<u> 1.0E-08</u>

1.0E-10

1.0E-12

1.0E-14

-10

Vd:-5V

-50m\

-5

- ----

ж ::: ж

図1. 歩留確認ウェハ平面図

0 Vg[V]

j.

-0.05

5

図2.

-1.2E-02

-1.0E-02

-8.0E-03

[ -6.0E-03

-4.0E-03

-2.0E-03

0.0E+00

-10

10

1.2 L 1.0

力電圧Vou 0.6

F田 日 の の.4

1Gあた 0.2

0.6

図4. PMOS トランジスタの Id-Vg、Id-Vd 特性

1212

カンチレバ

図3.実装後のウェハ外観

Vg:-10V

90

-8V ٠Ż٨

6v

-ь Vd[V]

の平面図

-2

0

•

うカンチレバー(1軸加速度センサ)を16個 配置して各端子をウェハ周辺に引出し、各 チップを個別にパッケージせずにウェハを ダイレクトに基板に実装し、ワイヤボンディ ングを行なった。 図3に実装したウェハ外観 を示す。MEMS 特性はおもりに働く重力に よる梁の変形について、ウェハを表にした 時の出力電圧を測定し、裏にして再度測定 して、その出力電圧の差分から感度を算出 した。



ることが分かった。n 増しを実施中であり、詳細は 当日の報告で述べる。 <参考文献>



- [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.

© 2023年 応用物理学会

- [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).
- 田中宏幸,他,第79回応用物理学会秋季学術講演会 21p-233-7(2018).
- [6] 小粥敬成, 他, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 19p-Z24-5(2021).
- 小粥敬成,他,第69回応用物理学会春季学術講演会24a-E102-6(2022). 171
- [8] 小粥敬成, 他, 第 83 回応用物理学会秋季学術講演会 20p-A406-13(2022).
- 謝辞: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(NED0)の助成事業(JPNP12004)の結果得られたものです。

0.0 В C D E ウェハ内チップ位置 Vin=5.0V

図5.加速度に対する出力電圧