

## ミニマルレーザ加熱装置を使った水素雰囲気での Si 立体構造体の表面処理

Si Three-Dimensional Structure Annealing In a Hydrogen Atmosphere  
Using a Minimal Laser Heating Tool

ミニマルファブ推進機構<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup>, 東北大工<sup>3</sup>, 坂口電熱<sup>4</sup>

○佐藤 和重<sup>1,4</sup>, 千葉 貴史<sup>1,4</sup>, 寺田 昌男<sup>1,4</sup>, 濱田 健吾<sup>1,4</sup>, 中山 吉之<sup>3</sup>, 金森 義明<sup>3</sup>,  
田中 宏幸<sup>2</sup>, 加瀬 雅<sup>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>, Tohoku Univ.<sup>3</sup>, and Sakaguchi E.H VOC Corp.<sup>4</sup>

°Kazushige Sato<sup>1,4</sup>, Takashi Chiba<sup>1,4</sup>, Masao Terada<sup>1,4</sup>, Kengo Hamada<sup>1,4</sup>, Yoshiyuki Nakayama<sup>3</sup>,  
Yoshiaki Kanamori<sup>3</sup>, Hiroyuki Tanaka<sup>2</sup>, Masashi Kase<sup>2</sup>, Sommwawan Khumpuang<sup>1,2</sup>, and Shiro Hara<sup>1,2</sup>

E-mail: kazushige-sato@minimalfab.com

【はじめに】現在、産総研とミニマルファブ推進機構を中心に、多品種少量向けデバイスの研究、開発、生産に適したハーフィンチュウエハを用いたミニマルファブの開発を進めている<sup>[1]</sup>。CMOS デバイスにおいては、すでに主要な前工程製造装置群がほぼ完成し、集積回路への応用展開を始めている。MEMS デバイスにおいては、ピエゾ抵抗型の加速度センサ等を試作してきている<sup>[2]</sup>。Si 立体構造を特徴とする MEMS デバイスでは、ドライエッチングによる Si 加工で発生する鋭角部や面荒れが、機械的強度の低下や性能劣化を招くことから実用上大きな課題となる。そこで、表面平滑化を実現する水素雰囲気での高温アニール処理と、高速昇降温が可能なミニマルレーザ加熱を融合した装置の開発を進めている。これまでに、Si ウェハにレジストをパターンニングし深さ約 50 μm エッチングした簡単な構造で、加工後にできた鋭角部の丸まり、加工側面の荒れ(Bosch プロセスで発生する Scallops)の平滑化を確認してきた<sup>[3]</sup>。今回は、MEMS デバイスの基本構造であるカンチレバー構造を試作し、その立体構造に対して本表面処理効果を調べたので、その結果について報告する。

【実験方法】図 1 に表面処理サンプルの概要を示す。(a)はカンチレバーのウェハ上のレイアウトで、放射温度計で測定しているウェハ中央部を除いて配置され、梁の幅 1000 μm、貫通部の幅 500 μm とした。(b)はカンチレバーの断面概略で、SOI 基板(活性層 10 μm、BOX 層 2 μm、支持層 240 μm)の活性層側にカンチレバーの梁を形成した。作製プロセスは活性層側の Si を加工後、支持層側の Si を加工し、BOX 層の酸化膜を除去する。Si の加工は、ミニマル深掘りエッチャーを使用し、Bosch プロセスによるドライエッチングを用いた。(c)はカンチレバーの斜め上方から見た SEM 写真を示す。表面処理は、BOX 層を除去したサンプルについて SPM 洗浄、RCA 洗浄(含む HF 洗浄)後、開発中のミニマルレーザ水素アニール装置を用いて、水素雰囲気 30 min、ウェハ設定温度 1100 °C、チャンバー圧力 30 kPa、水素流量 30 cc/min で実施した。

【実験結果】図 2 は表面処理時のカンチレバー周辺の温度分布をサーモグラフィ(二色式温度計測カメラ)で測定した結果を示す。カンチレバーの周辺と梁の温度は 1150 ± 75 °C 内で大きな差がないことを確認できる。図 3 はカンチレバー梁の付け根の鋭角部(図 1(c)の黄色○)の SEM 写真を、表面処理有り無しと比較して示す。図より表面処理有りで鋭角部の丸まりが大きくなっており(曲率半径; 1.0 → 1.6 μm)、本表面処理による丸まり効果が確認できた。

- [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」応用物理学会誌 83(5), 380(2014)  
[2] チュアン, 田中, 梅山, 三浦, クンプアン, 原, 「ミニマルファブ装置群を用いた MEMS ピエゾ抵抗型の加速度センサ試作」第 78 回応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集, 6p-C21-13 (2017)  
[3] 佐藤, 千葉, 寺田, 濱田, 中山, 金森, 田中, 加瀬, クンプアン, 原, 「ミニマルレーザ水素アニール装置の開発」第 81 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集, 9a-Z10-7 (2020)

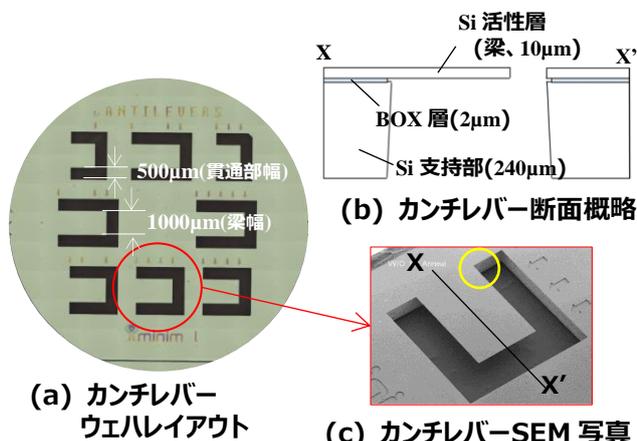


図 1 表面処理サンプル概要

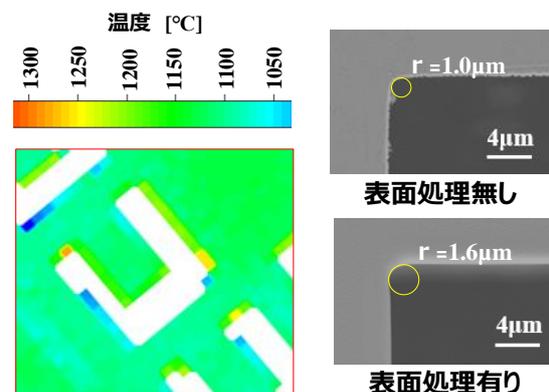


図 2 表面処理時の温度分布

図 3 鋭角部の SEM 写真