

ミニマルレーザ加熱装置を用いた熱酸化プロセスのメカニズム

Mechanism of Thermal Oxidation Process using the Minimal Laser Heating Equipment

坂口電熱¹, ミニマルファブ技術研究組合², 産総研³,
 ○遠江 栄希², 谷島 孝², 千葉 貴史^{1,2}, 寺田 昌男^{1,2}, 池田 伸一^{2,3},
 クンプアン ソマワン^{2,3}, 原 史朗^{2,3}

Sakaguchi E.H VOC Corp.¹, MIMINAL², and AIST³

°Haruki Toonoe², Takashi Yajima², Takashi Chiba^{1,2}, Masao Terada^{1,2} Shinichi Ikeda^{2,3},
 Sommawan Khumpuang^{2,3}, and Shiro Hara^{2,3}
 E-mail: haruki.toonoe@minimalfab.com

【はじめに】

従来のシリコンゲート酸化プロセスは、長時間を要するのでタクトタイムの点で生産性を悪化させ、またその長時間のために大電力を消費するという大きな問題があった。我々は、産総研を中心に開発しているミニマルファブによって、この問題を本質的に解決することができると考えている。ミニマルファブとは、φ12.5mm ウェハを製造単位とする、多品種少量生産に適した、省資源省エネルギーの半導体製造システムである^{1,2}。ウェハが小さいために、集光加熱やレーザ照射など、ウェハだけを加熱する方式は大変有利である。このようなウェハだけが加熱される方式では、装置を含めた加熱部分全体の熱容量を小さく出来るために昇温と降温が大変速くなる。そこで、我々は、レーザ加熱方式によるミニマル加熱装置 (図1)を開発した。この装置を用いて、Si ウェハ上に熱酸化を行い、レーザ照射による熱酸化プロセスと既存のファーネスタイプの酸化プロセスとの同等性および差異性について検討を行ってきた。前回の発表³では、その装置概要と予備的酸化結果について述べた。今回は、酸化メカニズムを調べるための包括的な酸化実験を行い、その解析を行ったので報告する。

【実験方法】

装置光源には最大出力 100 W、波長 880 nm の半導体レーザを使用している。均質分布のレーザ光(ビーム径 φ13.0 mm)を Si ウェハ(厚さ 0.25 mm)上に照射することで、数秒で 1000℃以上の高温まで急速昇温が可能である。今回は 900~1200℃、O₂、1atm で熱処理を行った。ウェハ温度の測定には放射温度計を用いた。酸化膜厚は分光エリプソメータ(AutoSE/HORIBA 社)を用いて測定した。

【実験結果】

Deal and Grove モデル⁴をもとに本装置における熱酸化メカニズムの解析を行った。図2で示すように酸化膜厚 x_0 と酸化時間 t の関係が、Deal and Grove モデルの $x_0^2 + Ax_0 = B(t + \tau)$ (すなわち、 $x_0 + A = B(t + \tau)/x_0$ という、 t/x_0 と x_0 が比例関係にあるモデル) と一致した。これより、レーザ加熱酸化は、従来の熱酸化の形成メカニズムと同等であると判断できる。さらに、Deal and Grove モデルの定数 B , B/A を求めたところ、関連する活性化エネルギー E_a は、拡散律速領域、反応律速領域において、それぞれ 1.05 eV、1.87 eV と算出された。前回の予備的結果の拡散律速領域の $E_a = 1.22$ eV³ との有意な差及び詳細な熱酸化メカニズムについては当日議論する。

参考文献

- [1] 原, 前川, 池田, クンプアン, ミニマルファブ構想, 第73回応用物理学会学術講演会 講演予稿集, 12p-F5-1 (2012).
- [2] クンプアン, 梅山, 原, 局所クリーン化ミニマルリソグラフィシステム, 第73回応用物理学会学術講演会 講演予稿集, 12p-F5-2 (2012).
- [3] 千葉, 寺田, クンプアン, 池田, 谷島, 原, ミニマルレーザ加熱装置の開発, 第60回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集, 28a-G6-4 (2013).
- [4] B. E. Deal and A. S. Grove, J. Appl. Phys., **36**, 3770 (1965).

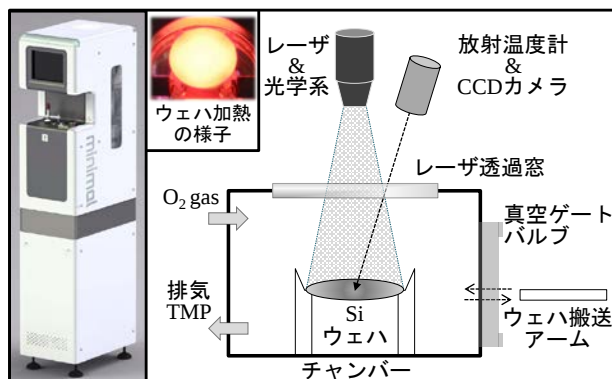


図1 ミニマルレーザ加熱装置

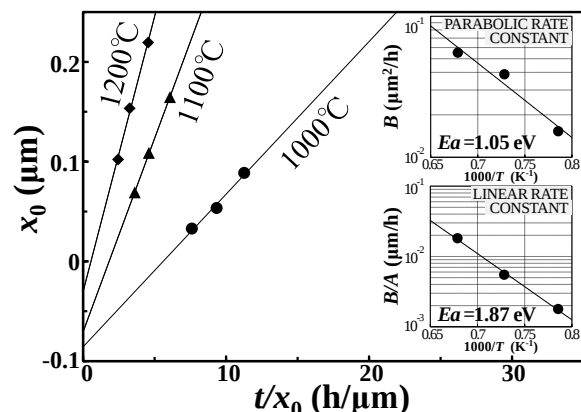


図2 活性化エネルギーの算出