

ミニマル抵抗加熱炉で形成した熱酸化膜の電気的特性

Electric properties of thermal oxide formed by minimal resistance furnace

ミニマルファブ技術研究組合¹, 産業技術総合研究所², 光洋サーモシステム(株)³
 ○中戸 克彦¹, 浅野 均¹, 鈴木 真之佑^{1,3}, 松田 祥吾^{1,3}, 柳沼 綾美^{1,3}, 森川 清彦^{1,3}, 服部 昌^{1,3},
 ミネ原 孝則¹, 池田 伸一^{1,2}, クンブアン ソマワン^{1,2}, 原 史朗^{1,2}

MINIMAL¹, AIST², KOYO Thermo System Co., Ltd³

°Katsuhiko Nakato¹, Hitoshi Asano¹, Sinnosuke Suzuki^{1,3}, Shogo Matsuda^{1,3}, Ayami Yaginuma^{1,3}, Kiyohiko Morikawa^{1,3},
 Masashi Hattori^{1,3}, Takanori Mikahara¹, Shinichi Ikeda^{1,2}, Sommawan Khumpuang^{1,2}, and Shiro Hara^{1,2}

E-mail: katsuhiko-nakato@minimalfab.com

【はじめに】従来の半導体生産システムには、巨大投資の問題が存在している。それを解決するために産総研ではミニマルファブ構想を提案し、開発を行っている[1]。前工程プロセスのミニマル装置開発が進んでいる現在、大きな課題は、ミニマル装置群を使用したデバイス開発になってきている。半導体デバイスの動作を大きく左右するのは、トランジスタの出力電流を制御するゲート部を形成する MOS 構造である。従って、この MOS を形成する熱酸化膜プロセスが最も重要なプロセスの一つと言って良い。ミニマル熱酸化膜形成装置に求められる要件は次の通りである。(1) 炉の超小型化、特にウェハローディング方向の超短縮化、(2) 超短縮化に伴う測定温度精度の劣化防止と、(1),(2)による酸化メカニズムの古典モデルとの差異の有無の検証、(3) ミニマルファブが枚葉処理であることによる高速酸化プロセスの開発、(4) 電気的に良好な熱酸化膜形成のためのクリーン化。

(1)については、炉の長さを 10cm に縮めた抵抗加熱炉を開発し、ミニマル筐体サイズ(W294H1440D450)に収めることができています。(2)については、我々は、酸化レートが古典的な Deal and Grove の酸化モデル[2]に適合していることを見だし、本ミニマル抵抗加熱炉が、既存の熱酸化炉と酸化メカニズムに関して違いがないことを示した[3]。(3)については、既存の熱酸化炉についても、炉温度を高温にしておいてから、ウェハをローディングする手法がとられる場合があるが、ミニマルファブでは、昇温後のウェハローディングを基本とする。また、逆に、炉の熱容量が極めて小さいことから、ウェハローディング後に昇温しても、1200℃に達するのに 10 分程度しかかからない利点もある。ウェハをいつ炉に入れるかは利用者が適宜選択すれば良い。残された課題は、(4)の酸化膜の電気的特性である。そこで、今回は、本ミニマル抵抗加熱炉を用いて、MOS 構造を作成し、その電気的特性を評価したので報告する。

【実験と結果】MOS 構造を形成するための全てのプロセスでミニマル装置を用い、装置間搬送は密閉化されたミニマルシャトルで搬送するため、極めて汚染されにくいプロセスを実現している。実験には、ハーフインチ *n*-Si 基板を用いた。ミニマル硫酸過水洗浄装置とミニマル RCA 洗浄装置により、ウェハを洗浄した後、ミニマル抵抗加熱炉を用いて、1150℃、15分の熱酸化を行った。酸素ガスは、ケミカルフィルターによって、高純度化されている。その後、ミニマルスパッタ装置でアルミニウムをウェハ全面にスパッタ堆積した後、ミニマルコータ、ミニマルマスク露光機、ミニマルディベロッパによって、レジストパターンニングする。その後、アルミニウムをウェットエッチングし、ミニマルアッシャーによりレジストを除去するとアルミ電極が形成される。最後に、水素 3%-窒素 97%雰囲気中で熱処理して、界面準位を消滅させ、MOS 構造を形成した。

MOS 構造の電圧-容量特性を Fig. 1 に示す。低周波の quasi C-V 測定では、ゲート電圧が正の accumulation 側と負の inversion 側の間のゲート電圧がゼロボルト付近の領域で、キャパシタンスの低下が見られる、理想的な C-V 曲線が得られている。高周波では、inversion 側で容量が低下したままで、空乏層が広がっていることがわかり、これも理想的な MOS 構造の基本要件である。また、ゲート電圧がゼロボルトでフラットバンド状態の際の容量の僅かな落ち込み具合から判断して、フラットバンド電圧に顕著なシフトがないと見なされる。

【まとめ】以上見てきたように、良好な MOS 特性が得られた。このことから、ミニマル抵抗加熱炉はゲート熱酸化炉として、十分に利用できるクオリティにあることが実証された。同時に、使用した一連のミニマル装置群が MOS 構造を形成するのに十分な性能を有することも立証された。

【参考文献】

- [1] 原 史朗, 前川 仁, 池田伸一, 中野 禅:「ミニマルファブシステムの構想と実現に向けて」、精密工学会誌 77(3), 249 (2011).
- [2] B. E. Deal and A. S. Grove, J. Appl. Phys. 36, 3770 (1965).
- [3] 鈴木、他、応用物理学会 秋期学術講演回 20a-B4-11 (2013)

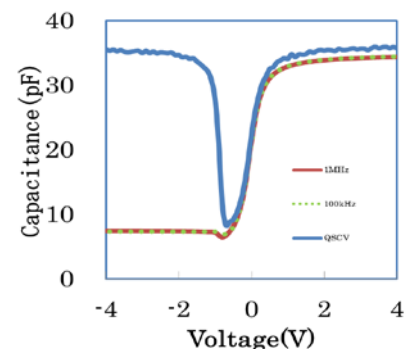


Fig.1 C-V curves