

ミニマル集光加熱炉を用いたゲート酸化膜の薄膜化

Thin Gate Oxidation Process Using a Minimal Focused Light Heating Furnace

ミニマルファブ推進機構¹, 産業技術総合研究所², 米倉製作所³

○三浦 典子¹, 梅山 規男^{1,2}, 山田 武史^{1,3}, 相澤 洸^{1,3}, 池田 伸一^{1,2}, 石田 夕起^{1,2},
三ヶ原 孝則^{1,2}, 大西 康弘^{1,3}, クンプアン ソマワン^{1,2}, 原 史朗^{1,2}

MINIMAL¹, AIST², and YONEKURA MFG. Co., LTD³

Noriko Miura¹, Norio Umeyama^{1,2}, Takeshi Yamada^{1,3}, Takeshi Aizawa^{1,3}, Shinichi Ikeda^{1,2}, Yuuki Ishida^{1,2},
Takanori Mikahara^{1,2}, Yasuhiro Onishi^{1,3}, Sommanwan Khumpuang^{1,2}, and Shiro Hara^{1,2}

E-mail: noriko-miura@minimalfab.com

【背景と研究目的】 現在、我々は、フルミニマルプロセス[1]による CMOS デバイスの開発を行っている。これまでは CMOS トランジスタの基本的なプロセスを確立するため、ゲート酸化膜は 60nm 程度の厚膜を用いてきたが、高性能な CMOS デバイスを作製するためには、ゲート酸化膜の薄膜化が必須である。一方、MOS トランジスタの基本性能は、ゲート酸化膜/シリコン界面の清浄度やシリコン熱酸化膜の膜質に左右されるため、薄膜になるほど初期酸化時の膜質の向上が求められる。ミニマルファブではクリーンルームを使用しないため、装置外部の環境に左右されず、プロセス室内を清浄に保つ必要がある。これまでの評価から、密閉式チャンバー(集光加熱炉)を用いて熱酸化時の大気巻込みを防止することによって昇温時の熱酸化が抑制され、開放系チャンバー(抵抗加熱炉)で熱酸化を行った場合と比較して薄い熱酸化膜の形成が可能であること、また、MOS キャパシタの界面準位密度も良好であることが判明している[2,3]。しかし、現行の熱酸化温度(1150℃)では、狙い膜厚(6nm)の熱酸化時間は 1.3min 程度と短いため膜厚の精密な制御が難しく、また、3nm 以下の薄膜の形成は現状では容易ではない状況である。そこで、熱酸化温度を低温化することで膜厚制御性の向上を図った。本発表では、集光加熱炉を用いて低温処理時の熱酸化特性について調査し、熱酸化膜のさらなる薄膜化について検討を行ったので、その結果について報告する。

【実験方法】 図 1 は本実験に用いたミニマル集光加熱炉のプロセス部の概略図である。チャンバーは密閉化された石英ガラス製であり、ダイヤフラムポンプによる真空引きが可能である。ウェハ搬入時にチャンバーに巻き込んだ大気を取り除くため、昇温前にチャンバー内の真空引き、窒素ガス置換を行う。ウェハの昇温は窒素ガスを流しながら行い、目標温度で安定した時点で酸素ガスに切り替える。熱酸化膜は、大気圧、酸素雰囲気中で形成する。熱酸化膜の膜厚測定には、分光エリプソメトリを用いた。

【結果と考察】 図 2 に、ミニマル集光加熱炉における 1150℃ および 960℃ 加熱時の熱酸化時間と酸化膜厚の関係を示す。熱酸化温度 960℃ 時の熱酸化速度は 1150℃ 時の 5 分の 1 程度であるため、熱酸化膜厚 6nm となる酸化時間は約 6min となり、加熱時間による熱酸化膜厚の精密な制御が可能となる。しかし、1150℃、960℃ ともに加熱時間を短くしていくと膜厚が横ばいになる傾向にあり、1150℃ に比べて 960℃ の方が横ばいになる膜厚が厚いことが明らかになった。膜厚が横ばいになる原因として、チャンバー内にわずかに残留している水分、酸素等の影響が考えられる。一般的に、熱酸化温度が低い方が熱酸化膜中および熱酸化膜/シリコン界面に不純物を取り込みやすい[4]ため、低温の方が初期酸化膜厚が厚くなっていると推定される。この対策として、(1)チャンバーのシール性の向上、(2)搬送時の大気巻込みの低減 などが考えられる。

当日は、さらなる薄膜化の検討結果およびゲート酸化膜の低温化、薄膜化と電気特性の関連性についても議論する。

<参考文献>

- [1] S. Khumpuang, et. al, IEEE Trans. Semi. Manufacturing, **28**(3), 551-556 (2015).
- [2] 三浦, 他, 第 63 回応用物理学会春季学術講演, 19a-S423-4, (2016).
- [3] 三浦, 他, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演, 16p-B10-8, (2016).
- [4] B. E. Deal et al., J. Electrochem. Soc. **114**-3, 266-274, (1967).

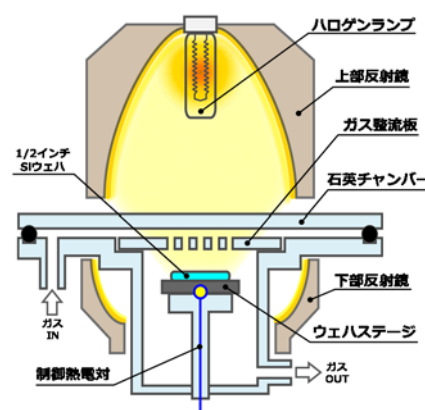


図 1 ミニマル集光加熱炉の構造

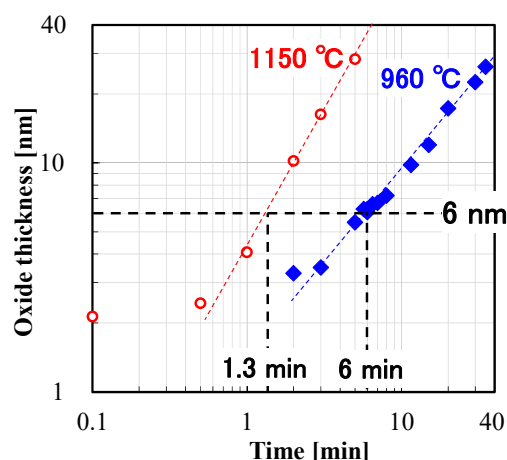


図 2 熱酸化時間と酸化膜厚