

ミニマル抵抗加熱炉で形成した熱酸化膜の電気的特性 (II)

Electric properties of thermal oxide formed by minimal resistance furnace (II)

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, 居村 史人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}, 池田 伸一^{1,2}, クンブアン ソマワン^{1,2}, 原 史朗^{1,2}

MINIMAL¹, AIST², and Koyo Thermo System Co.,Ltd³

°Katsuhiko Nakato¹, Fumito Imura¹, Hitoshi Asano¹, Shinnosuke Suzuki^{1,3}, Shogo Matsuda^{1,3}, Ayami Yaginuma^{1,3},
Kiyohiko Morikawa^{1,3}, Masashi Hattori^{1,3}, 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おける巨大投資の問題を解決するために、産総研ではミニマルファブ構想を提案し、ミニマル装置群とそれらを用いたデバイス開発を行っている[1]。半導体デバイスの性能を大きく左右するのは、トランジスタのドレイン電流を制御する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である。ミニマル抵抗加熱炉に求められる課題の一つに、電気的に良質な熱酸化膜の形成があり、界面準位、固定電荷、可動イオンなどをトランジスタ動作に影響しないレベルまで低減させなければならない。ミニマルファブは、局所クリーン化技術を用いて、全てのプロセス装置とウェハ搬送経路が完全に密閉された、クリーンルーム不用の高性能システムである。しかし、実際に電子デバイス等の作成に問題が無いシステムになっているかの検証は必要である。ミニマルファブを用いて作製したMOSキャパシタの電気的特性について常温でのCV測定を行い、界面準位密度、固定電荷が十分小さいことを前回報告した[2]。今回は、可動イオンに対する評価を報告する。

【実験と結果】 MOSキャパシタを形成するためのプロセスは、全てミニマル装置を用いた。ハーフインチウエハ(*n*-Si(100)、基板濃度 $2.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$)を格納したミニマルシャトルを用いて装置間搬送を行った。ミニマル硫酸過水洗浄装置とミニマルRCA洗浄装置によるウエハ洗浄後、ミニマル抵抗加熱炉を用いて、1150°C、15分でドライ酸化を行った。ミニマルスパッタ装置でウエハ全面にAlを成膜後、ミニマルコータ、ミニマルマスクレス露光機、ミニマルディベロッパによって、レジストパターニングを行った。Alウェットエッチング後、ミニマルアッシャーによりレジストを除去しAl電極を形成した。最後に、3% H₂ 97% N₂ フォーミングガスを用いた熱処理を行い、MOSキャパシタを作製した。

作製したMOSキャパシタ(Al電極径 $\phi 300 \mu\text{m}$ 、酸化膜厚 66nm)の室温におけるCV測定の結果、酸化膜の電荷の密度は $2.49 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ 、フラットバンド電圧のシフトは 0.070V、酸化膜容量は 37.0pFであった。同一のMOSキャパシタに対して、バイアス温度ストレス(BTS)法[3]で可動イオン量を測定した。まず、MOSキャパシタの電極間に10V印加したまま125°Cに加熱し10分間保持した。バイアスを印加した状態で室温まで冷却し、CV測定を行った。この手順を逆バイアスにおいても測定した。この時のCV測定の結果を図1に示す。図1に示すように、BTS後のフラットバンド電圧のシフト ΔV_{FB} は、0.006Vであった。これにより、可動イオンの電荷量は、 $2.3 \times 10^{-13} \text{ C}$ である事が分かった。さらに、可動イオン密度を計算すると $2.03 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ であった。これは閾値電圧を事実上変動させない僅かな値である。

【まとめ】 酸化膜中の全電荷の中で、可動イオンの割合は表1に示すように10%未満のため、可動イオンの量は非常に少ない。ミニマル抵抗加熱炉はゲート熱酸化プロセスに十分利用可能であり、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を実証した。

【参考文献】

[1] S. Khumpuang et al., IEEJ Trans. SM, Vol. 133(9), 272-277, (2013)

[2] 中戸 他、応用物理学会 春期学術講演会 19p-E14-12, (2014)

[3] E.H.Snow et al., J. Appl. Phys., 36, 1664, (1965)

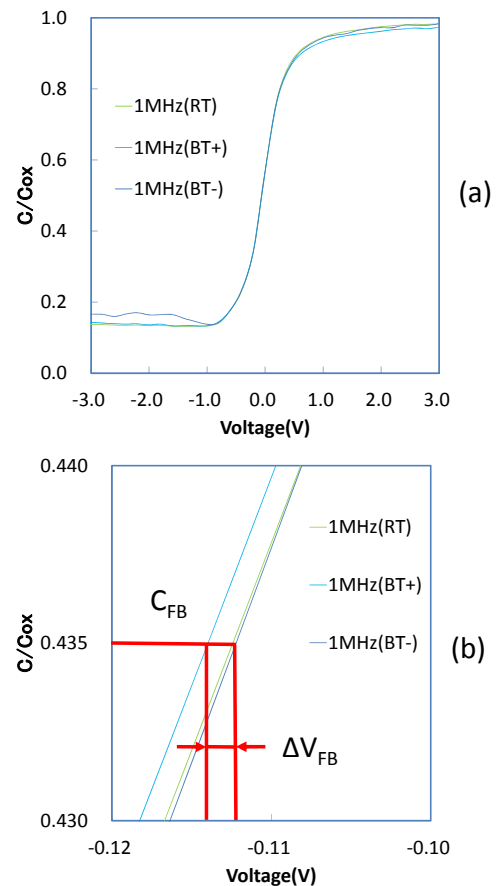


図1(a)Whole (b)Part

	電荷密度 [C/cm ²]	密度 [1/cm ²]	シフト電圧 [V]
酸化膜中の全電荷	4.0×10^9	2.49×10^{10}	0.070
可動イオン	3.3×10^{-10}	2.03×10^9	0.006

表1 酸化膜中の電荷と可動イオンの量比較