

ミニマル TiN 反応性スパッタ装置の成膜特性 (4)

TiN Film Characteristics Deposited by Minimal Fab Reactive Sputtering Tool (4)

○野田周一¹、古賀和博²、居村史人¹、根本一正¹、藪田勇氣³、山本直子³、亀井龍一郎³、
クンプアン ソマワン^{1,2}、原 史朗^{1,2}

(1.産総研、2.ミニマルファブ推進機構、3.誠南工業(株))

○S. Noda¹, K. Koga², F. Imura¹, K. Nemoto¹, Y. Yabuta³, N. Yamamoto³, R. Kamei³,
S. Khumpuang^{1,2}, and S. Hara^{1,2}

(1. AIST, 2. MINIMAL, and 3. Seinan-kogyo)

E-mail: s-noda@aist.go.jp

1. はじめに

クリーンルームを不要とする局所クリーン化技術を持ち、1 チップから製造可能な究極の少量多品種デバイス生産に対応するミニマルファブ[1]では、TiN メタルゲート SOI CMOS の集積回路の作製が可能となり[2]、実用化検討の最終段階に入りつつある。このため、デバイス品質、プロセス安定性の向上およびコスト検討が急務である。この中で、TiN メタルゲート薄膜の膜質は、CMOS トランジスタ閾値の安定性に大きく影響することから重要課題の一つである。ミニマル反応性スパッタ装置を用いた TiN 膜形成では、窒化を凌駕する強い酸化を防ぐために、放電ガス(Ar+N₂)圧力を下げる(1 Pa 程度)とともにスパッタ室の背景圧力を十分に低く維持する(1×10⁻⁵ Pa 程度以下)必要がある。今までに、スパッタ条件の最適化とともに、チャンバーの改良(リングシール箇所の削減、150°Cベーキング対応化、等)やウエーハ搬送シーケンスの改善によりメガファブ装置と同等の膜質(比抵抗 $\rho < 100 \mu\Omega\text{cm}$)を得ることが可能となっており[3]、現在はプロセス安定化のための実験およびその評価、測定方法を検討している。

2. 実験と結果

分光エリプソメトリ(SE)による誘電関数の評価と、C-V測定法によりフラットバンド電圧 V_{FB} (あるいは仕事関数 ϕ_{TiN}) 評価の検討を行った。

SE による TiN 膜の評価において、複素誘電率の実部 ϵ_r' の値が 0 となる時の入射光のエネルギー E_p' (遮蔽プラズマエネルギー)と TiN の膜組成との相関があり、 $E_p'=2.6$ eV のときストイキオメトリ組成の TiN であるとされている[4]。図 1 は、形成した TiN 膜の E_p' と比抵抗 ρ の相関を示す。 ρ の値はスパッタ圧力が低いほど、放電電流が高いほど低減できる傾向があるが、スパッタ条件に関わらず ρ と E_p' の相関が一意に示されることがわかった。この結果より、SE による計測で即時に膜質が推定でき、TiN スパッタの自動処理レシピの最適化に応用し、繰り返し処理における膜質の変動が非常に少ないことが確認できた。

C-V 測定では、ゲート長 $L_g=60 \mu\text{m}$ × ゲート幅 $W_g=180 \mu\text{m}$ の大きな容量面積をもつ MOS トランジスタを TiN メタルゲート SOI CMOS プロセスで製作したデバイスを用いた。ソース-ドレイン間を短絡して TiN ゲート電極との間のチャンネル容量を測定し評価に使えるか確認した。図 2 はゲート酸化膜厚 $T_{ox}=6 \text{ nm}$ のときの pMOS, nMOS の高周波 C-V 特性を示す(SOI 層厚 $T_{SOI}=120 \text{ nm}$ 、埋め込み酸化膜層 $T_{BOX}=400 \text{ nm}$)。pMOS, nMOS でゲート電圧 $V_g=0 \text{ V}$ を境にして正負バイアス電圧でほぼ対称の良好な C-V 特性が得られ、 ϕ_{TiN} が想定に近い値に制御されていることが確認できた。

3. まとめ

装置条件、プロセス条件の最適化、TiN 膜質の評価方法の検討により良好なプロセス安定性の確認ができる状態になった。今後はさらに長期的、十分量のデータ取得、解析を行っていく。

[1] 原 史朗、クンプアン ソマワン、応用物理, **83**, 380 (2014).

[2] https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2019/pr20190510/pr20190510.html.

[3] 例えば、野田, 他, 第 66 回応物学会春季講演会, 9a-M114-3(2019).

[4] S. Logothetidis, et al., J. Appl. Phys. **77**, 1043 (1995).

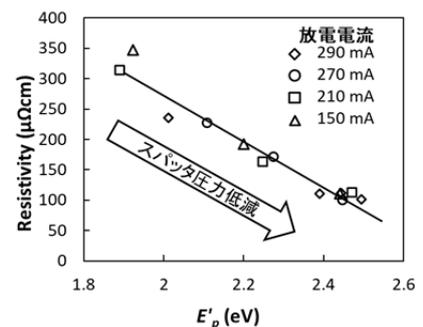


図1. TiN膜比抵抗と E_p' との関係

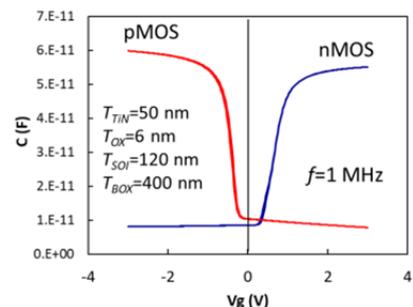


図2. 大面積SOI MOSTランジスタのC-V特性