

ミニマル反応性スパッタ装置による TiN 膜の形成

Formation of TiN Films Using Minimal Sputtering Tool

○野田周一¹、田中宏幸^{1,2}、根本一正¹、古賀和博²、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, H. Tanaka^{1,2}, K. Nemoto¹, K. Koga², Y. Yabuta³, N. Yamamoto³, R. Kamei³, S. Khumpwang^{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

我々は、クリーンルームを不要とする局所クリーン化機構を持ち、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装置群とそのプロセスの開発を行っている[1]。既にミニマル・メガファブハイブリッドプロセスで、TiN ゲート電極およびスピンドーパント固相拡散を用いて、SOI CMOS の基本プロセスを確立し、良好なデバイス特性を得ている[2-5]。今回、フルミニマルプロセスを実現するために、ミニマルファブ仕様の反応性スパッタ装置を開発し、TiN の反応性スパッタ成膜の検討を行ったので報告する。

2. 実験

用いた装置は、小型 HiPIMS (High Power Impulse Magnetron Sputtering) 型ミニマルスパッタ装置で、アーク放電が起こりにくく良好な膜質が得られやすいという特長がある[6]。Ti ターゲットと N₂/Ar 混合ガスを用いた反応性スパッタにおいて、総ガス流量 4 sccm、N₂ 流量比 (N₂/(Ar+N₂)) を 0~50% の範囲で変化させ、熱酸化したミニマル Si ウエハ (0.5 インチφ) 上に形成した TiN 膜特性を詳細に調べた。成膜条件は、ターゲット径 32 mmφ、ギャップ 20 mm、ガス圧力 1 Pa、パワー 170 W (パルス幅 10 μs、5 kHz)、基板温度は室温で行った。形成した TiN 膜の結晶状態と膜厚は断面 SEM で観察した。シート抵抗を 4 探針法で測定して比抵抗を求めガス流量比との相関を調べた。

3. 結果

図 1 は、TiN 膜の成膜レートおよび比抵抗の N₂ 流量比依存性を示す。N₂ 流量比の増加に伴い、成膜レートは減少し比抵抗は増加する傾向を示した。特に、N₂ 流量比 10~17% の範囲で N₂ の増加に伴って、成膜レートは急激に減少した。これは、反応性スパッタ成膜の特徴的な振る舞いで、この N₂ 流量比範囲で金属ターゲットモードから化合物ターゲットモードに変化する様子を示しており、概ね 17% でスパッタ膜は Ti から TiN に変化していると考えられる。さらに 17% 以上の添加量でも TiN 中の窒素含有率が少しずつ上昇していると思われる。この傾向は、メガファブ装置で形成した TiN MOS キャパシタの V_{th} シフトの傾向[7]とほぼ一致している。図 2 は N₂ 17% の時の TiN 膜の SEM 写真を示す。メガファブ装置で形成したものとよく似た柱状結晶構造が観察された。以上の結果からメガファブ装置とほぼ同等の膜質の TiN 膜形成の可能性が示された。講演では、膜質や結晶状態などについての詳細を議論する。

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

[2] 柳 永助, 他, 第 63 回応物学会春季講演会, 19a-S423-1(2016).

[3] 柳 永助, 他, 第 77 回応物学会秋季講演会, 16p-B10-11(2016).

[4] 柳 永助, 他, 第 64 回応物学会春季講演会, 16a-E206-11 (2017).

[5] Y. Liu et al., Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 06GG01 (2017).

[6] 小木曾久人, 他, J. Vac. Soc. Jpn. **60**, 365 (2017).

[7] Y. Liu et al., IEEE Trans. Nanotechnology, **5**, 723 (2006).

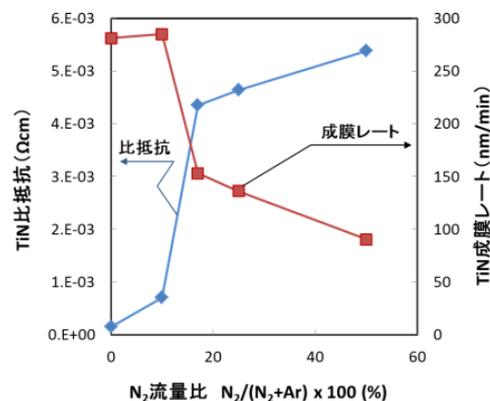


図 1. TiN 膜比抵抗および成膜レートの N₂ 流量比依存性

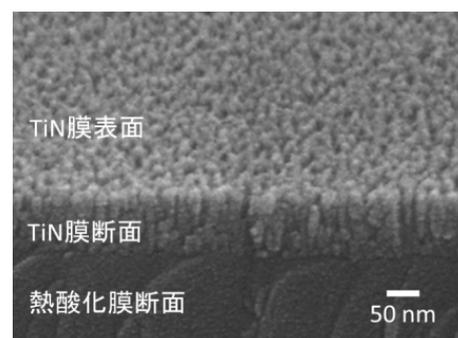


図 2. TiN 膜の SEM 観察像