ミニマル TiN 反応性スパッタ装置の成膜特性（２）

Film Characteristics deposited by Minimal Fab TiN Reactive Sputtering Tool (2)

○野田周一[1]、古賀和博[2]、根本一正[1]、薮田勇気[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㈱)

○S. Noda[1], K. Koga[2], K. Nemoto[1], Y. Yabuta[3], N. Yamamoto[3], R. Kamei[3],
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およびミニマルプロセスの開発が進み[1,2]。現在、LSI 化を目指した高性能 TiN メタルゲート SOI CMOS プロセスの開発が進められている。TiN スパッタ等の一部プロセスをメガファブ装置で行うハイブリッドプロセスでは、既に良好なデバイス特性が得られており[3]、フルミニマルプロセスも順調に立ち上がりつつある[4]。Ti ターゲットと Ar/N_2 混合ガスプラズマを用いる TiN 反応性スパッタ成膜では、窒化と競合する酸化反応が容易に進行するので、膜質に悪影響をもたらす残存酸素量を激減させなければならない。そのために、高い到達真空度と低圧プロセスが必須となる。前回、ミニマル TiN 反応性スパッタ装置を開発し、TiN ゲート pMOS に適用可能であることを示した[5]。今回の報告では、装置の改善、成膜条件の更なる最適化により、メガファブ装置と同等の TiN の膜質を達成できたので報告する。

２．実験方法

スパッタ室の真空到達圧を下げるため、O リング使用箇所を 8 割方減らし、かつ 150℃までベークアウト可能とする装置を新たに製作し、1.5×10^{-5} Pa 程度の状態を保つことを可能とした。プロセス直前には、Ti のウエハレス放電によるゲッタリング効果を用いて 8×10^{-6} Pa 程度まで到達させる。この装置を用い、6 nm のゲート酸化膜を形成した Si ウエハ（ϕ12.5）上に、ガス圧力や放電条件等を様々に変化させて 50 nm の厚さの TiN 膜を形成し、主にこれらの膜の比抵抗や APM（アンモニア過水）によるウェットエッチング特性を調べてプロセス条件の最適化を行った。

３．結果

図 1 に示すように TiN 膜比抵抗は、スパッタ時の放電圧力に特に大きく依存し、その傾向はメガファブ装置[6]と同様に低圧ほど低抵抗な膜となった。1.0 Pa で 70$\mu\Omega$cm 以下となり前回の報告の 1/20 まで低減でき、メガファブ装置と同等の膜が得られた。図中の前回の結果で幅があるのは、TiN 膜比抵抗がスパッタ直前の真空到達圧にも影響されることを示している。図 2 は、TiN 膜質と APM によるウェットエッチング特性の関係を示す。①スパッタ前の真空排気を十分に行わないで形成した膜は、膜厚方向に均一にエッチングされずに異常なエッチング特性を示した。②十分な到達圧まで排気して形成した膜は、膜厚方向に均一にエッチングが進行し、サイドエッチングも改善されて TiN ゲート形成が可能となった（前回報告条件）。③さらに放電圧力を下げてメガファブ装置と同等の比抵抗にした膜では、エッチレートが減少し完全に直線的なエッチング特性が得られた。より緻密な膜質になっているものと考えられる。これにより、より寸法制御性、オーバーエッチングマージンの広い TiN ゲート形成プロセスが可能となった。

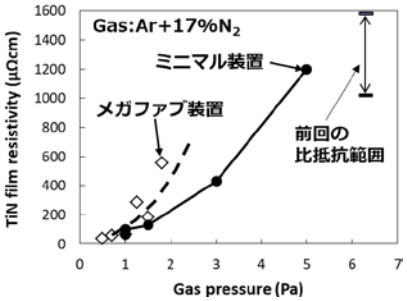

図 1．TiN 膜比抵抗 vs スパッタ圧力

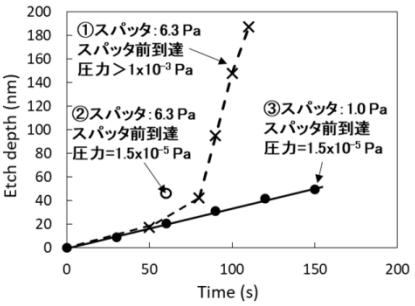

図 2．TiN ウェットエッチング特性

[1] 原 史朗、クンプアン ソマワン，応用物理，**83**, 380 (2014).
[2] クンプアン ソマワン，他 応用物理，**87**, 833 (2018).
[3] 例えば、柳 永勛，他，第 63 回応物学会春季講演会，19a-S423-1(2016),等.
[4] 古賀和博，他，第 79 回応物学会秋季講演会，21p-233-3(2018). [5] 野田周一，他，第 65 回応物学会春季講演会，20p-C101-4(2018). [6] Y. Liu et al., IEEE Trans. Nanotechnology, **5**, 723 (2006).