

ミニマル AlN 反応性スパッタ装置の成膜特性 (2)

Characteristics of AlN Film Deposited by Minimal Fab Reactive Sputtering Tool (2)

○野田周一¹、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, 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 LSI[2]をはじめとして各種のデバイスを容易に製作、検証、実用化できる柔軟性がある。この TiN の反応性スパッタ装置が実用域に達した[3]ことで、この技術の応用開発を始めている。具体的には、高い圧電性から表面弾性波 (SAW) フィルター等への適用が期待される AlN 薄膜をとりあげて、研究を進めている。初期的な AlN スパッタ実験では、結晶配向性がまだ不十分であった。今回、放電圧力等の条件最適化を行い、結晶配向性を大幅に改善できたので、これについて報告する。

2. 実験

高い到達真空度 (6×10^{-6} Pa) と高温プロセス ($\sim 400^\circ\text{C}$) を可能としたミニマル反応性スパッタ装置により、純 Al ターゲット (99.9995%) と Ar+N₂ 混合ガスプラズマを用いて Si ウェーハ上に AlN 膜の形成を行った。前回、高い N₂ 添加率低い放電ガス圧、高い基板温度ほど、AlN 膜の光学屈折率 n と結晶性が高くなることを示した。今回は、前回の最適条件近傍での絞り込みをさらに精密に進めた。また、放電条件 (パルス放電および DC 放電) 依存性も調べた。AlN 膜の膜質は、分光エリプソメトリによる屈折率 n 、X 線回折 (XRD) による結晶性・配向性で評価した。

3. 結果

図 1 は、ステージ温度 400°C で形成した AlN 膜の屈折率 n のスパッタ圧力依存性を示す。 n の値は、温度、N₂ 添加率、等の条件により変化するが、スパッタ圧力に最も強く依存し、2 Pa 以下の低圧側で急激に増加して単結晶の値にかなり近くなる傾向があった。 n の高い AlN 膜ほど化学両論組成に近い良好な膜と推察されるが、結晶構造や配向性はこれとは一致しない傾向が見られた。図 2 は、 c 軸配向した AlN 膜の (002) 面のロッキングカーブの角度分散 (HWHM 値) とスパッタ成膜時のターゲットにかかるバイアス電圧 (V_{DC}) の関係を示す。 V_{DC} は、図中に破線の楕円で囲むように、放電条件により島分けされ、短パルス ($5\mu\text{s}$) 放電から DC 放電の範囲で -550 V から -250 V へと半減した。ロッキングカーブの角度分散は、図 1 で示した n の値よりも V_{DC} に強く依存し、この値が低いほど分散が狭くなって配向性が向上することが分かった。図 3 は、XRD で測定した AlN 膜 (002) 面の 2θ 角度から求めた (002) 面間距離とスパッタ成膜時の V_{DC} の関係を示す。 V_{DC} が高い条件でスパッタした試料では、面間距離が標準値よりも広い傾向 (膜としては圧縮応力方向) にあり、 V_{DC} が -250 V 程度と低い場合は標準値に近いことが分かった。 V_{DC} はターゲットに入射する Ar⁺ イオンエネルギーに相当し、これを制御することにより AlN 薄膜の結晶配向性の制御が可能となり、ロッキングカーブの角度分散を 6° 以下まで改善することが可能となった。謝辞: この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の助成事業 (JPNP12004) の結果得られたものです。

[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] 野田, 他, 第 81 回応物学会秋季講演会, 10a-Z10-2 (2020).

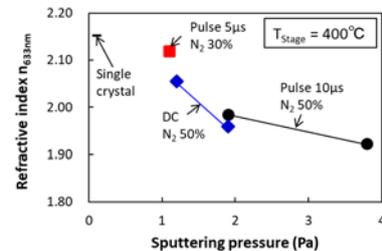


図1. AlN膜屈折率のスパッタ圧力依存性

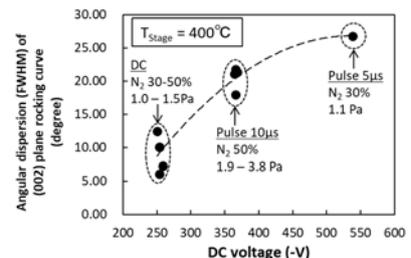


図2. AlN(002)面のロッキングカーブ角度分散のスパッタ時ターゲット電圧依存性

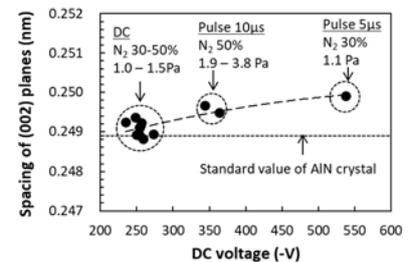


図3. AlN(002)面間距離のターゲット電圧依存性