

# ミニマル AlN 反応性スパッタ装置の成膜特性

AlN Film Characteristics Deposited by Minimal Fab Reactive Sputtering Tool

○野田周一<sup>1</sup>、居村史人<sup>1</sup>、藪田勇氣<sup>3</sup>、山本直子<sup>3</sup>、亀井龍一郎<sup>3</sup>、  
クンプアン ソマワン<sup>1,2</sup>、原 史朗<sup>1,2</sup>

(1. 産総研、2. ミニマルファブ推進機構、3. 誠南工業㈱)

○S. Noda<sup>1</sup>, F. Imura<sup>1</sup>, Y. Yabuta<sup>3</sup>, N. Yamamoto<sup>3</sup>, R. Kamei<sup>3</sup>,  
S. Khumpuang<sup>1,2</sup>, and S. Hara<sup>1,2</sup>

(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 デバイスの実用化検討の最終段階に入りつつあるが[2]、CMOS LSI 以外にも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。今までに、ミニマルスパッタ装置により TiN メタルゲートの反応性スパッタを開発してきたが[3]、その他の機能性材料の開発も有用である。AlN 材料は、高い圧電性から表面弾性波 (SAW) デバイス等への適用が期待されているが、高い結晶配向性を得るには高価な単結晶基板上に非常に高いプロセス温度で形成することが必要である。近年、反応性スパッタによる研究が活発に行われてきており[4]、ミニマルスパッタ装置でもこれを試みた。

## 2. 実験

HiPIMS (High Power Impulse Magnetron Sputtering) を用いるミニマルスパッタ装置を用い、Al ターゲットと Ar+N<sub>2</sub> 混合ガスを用いて、Al と N の反応性スパッタによる AlN 膜の形成を行った。今回特に、ウェハステージを 400°C 程度まで加熱できる改造を行った。スパッタチャンバーは 150°C でベークアウトを行う。真空到達圧は 1×10<sup>-5</sup> Pa 以下である。ターゲット-基板間距離は 36 mm、放電条件は電圧 400~600 V、パルス幅 10 μs、パルス周波数 5 kHz、パワー 50 W である。スパッタ成膜は、総ガス流量 10 sccm 一定で N<sub>2</sub> 流量比を 0~100%、放電ガス圧を 1~3 Pa、ステージ温度を室温~400°C の範囲で変化させて行い、このときのスパッタ特性を調べた。下地基板は Si (100) 基板を SPM 洗浄したもの (表面は 1.5 nm 程度のケミカル酸化膜) を用いた。スパッタ特性は、成膜レート、分光エリプソメトリにより求めた屈折率 n、それに X 線回折 (XRD) による結晶性評価で比較した。

## 3. 結果

図 1 (左 Y 軸) は、スパッタ時の N<sub>2</sub> 流量比 (N<sub>2</sub>/(Ar+N<sub>2</sub>) × 100%) を変化させたときの成膜レートの変化を示す。N<sub>2</sub> 流量比の増加とともに成膜レートは低下して、金属 (いわば Al) スパッタモードから化合物 (AlN) スパッタモードに変化していく様子が分かる。この時、目視での膜の色合いも金属光沢から不透明膜へと変化し、20% 以上では透明膜に変化した。N<sub>2</sub> 流量比 20% 以上では、分光エリプソメトリによる膜厚および屈折率測定が可能となる。図中に 633nm における屈折率 n (右 Y 軸) も併せて示す。得られた屈折率はバルク AlN 結晶の値 2.16 よりもやや低い 1.83~2.05 の値で、スパッタ圧力が低いほど、N<sub>2</sub> 流量比が高いほど n が高くなる傾向が見られた。図 2 は、N<sub>2</sub> 流量比 50%、ガス圧力 3 Pa、ステージ温度 400°C で Si (001) 基板上に形成した 200 nm 厚の AlN 膜の XRD スペクトルを示す。僅かに (101) 面のピークが見られるものの、(002) 面と下地 Si の (004) 面のピークしか検出されないことから、c 軸にかなり優勢に配向していることが確認できた。また、同条件の室温スパッタでは、AlN (002) ピークが観察されなかった。このことから、多くの報告[5]の通り、ウェハ 400°C でのスパッタ堆積で AlN の配向性が高まることが確認された。[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](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] A. Iqbal and F. Mohd-Yasin, Sensors, **18**, 1797 (2018). [5] K. Ait Aissa, et al., J. Phys. D, **48**, 145307 (2015).

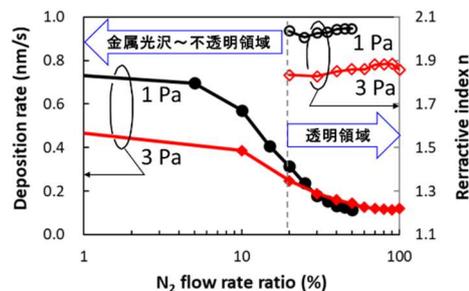


図1. AlN成膜速度(左Y軸)および屈折率(右Y軸)の N<sub>2</sub>ガス流量比依存性

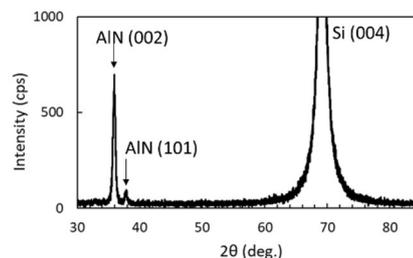


図2. AlN膜のX線回折スペクトル