

反応性スパッタリングにより作製した TiN 薄膜の特性評価

Characterization of TiN thin films fabricated via reactive sputtering in N₂ atmosphere

今井 暉(電気電子工学科)

Hikaru Imai

高機能デバイス研究室 指導教員 相川 慎也 准教授

1. 緒言

エレクトロニクスデバイスにおいて、高い仕事関数を有する Pt および Ir は、拡散バリア、ゲート電極、およびショットキーコンタクト材料として用いられている。しかしながら、これらの金属は高価であるため、仕事関数が Pt および Ir に次いで高い TiN が代替材料として注目されている。TiN は、CVD や PVD などの一般的な方法で成膜できるとともに、優れた熱的・化学的安定性を有しているため[1]、各種電子デバイスの汎用的な電極材料として用いられている[2]。

TiN を CVD などの化学反応を用いて成膜する場合、高温処理による構造・組成変化の課題がある。これに対して、Ponon らによれば[3]、低温成膜可能な反応性スパッタリング法を用いることで、低温で高品質な TiN 薄膜を作製できる。低温成膜が可能な一方で、堆積後に 500~800°C での高温アニール処理が要求されるため、依然として、構造・組成変化に課題を残している。また、高温アニール処理では、抵抗が著しく増加してしまうため、条件の改善が要求されている。

そこで本研究では、高品質な TiN の作製に向け、スパッタ成膜した TiN 薄膜の結晶性、シート抵抗値について調査することを目的とする。具体的には、スパッタリング中の RF 電力および窒素濃度が薄膜に及ぼす影響を調べるとともに、TiN 薄膜の電気特性向上に向けた、特に低温でのアニール条件の最適化を行う。

2. 実験方法

テンパックスガラス基板に、RF マグネトロンスパッタ装置を用いて成膜圧力を 0.20~0.31 Pa、窒素分圧比を 0~30%、RF 電力を 100~200 W へ変化させ成膜した。成膜後、卓上ランプ加熱装置を用いて窒素雰囲気下で 200~800 °C の範囲で 60 分間アニールを行った。薄膜のシート抵抗は、四探針抵抗測定器を用いて測定した。また、X 線回折装置(XRD)を用いて、薄膜の結晶性評価を行った。

3. 実験結果および考察

Fig. 1 に、窒素濃度 20%に固定し RF 電力 100~200 W で変化させて成膜した TiN 薄膜のシート抵抗値を示す。100 W から 200 W まで増加させるとシート抵抗値が減少した。これは、RF 電力が増加するにしたがい、薄膜の表面形状が滑らかになり、空隙率が減少することでピンホール密度が減少し、結晶粒間の電氣的接触面積が増加することに起因する[4]。

Fig. 2 に、RF 電力 200 W に固定し窒素濃度 0~30% の範囲で変化させ成膜した TiN 薄膜の XRD スペクトルを示す。窒素濃度 0%の試料では、Ti(100)面および Ti(002)面に由来する回折ピークが確認できる。一方で、窒素濃度 10%以上で成膜した試料では TiN(111)面および TiN(200)面に由来するピークが確認できた。TiN(111)面の回折強度は、窒素濃度の上昇とともに低下することが分かった。また、回折強度が高い TiN 膜では相対的に高い抵抗率を示したことから、TiN の抵抗率は、その結晶方位に大きく依存することが示唆される。

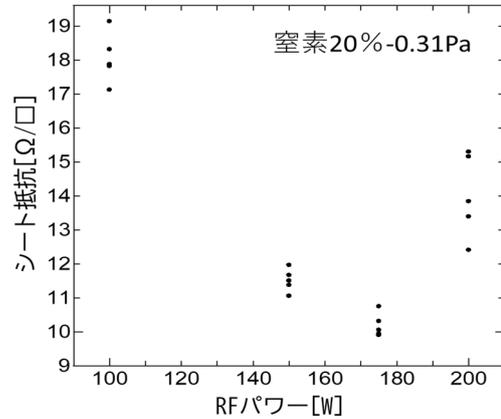


Fig. 1 TiN のシート抵抗値: RF 電力依存.

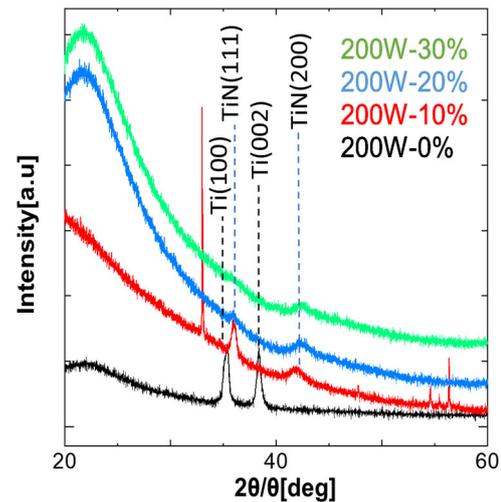


Fig. 2 TiN の XRD スペクトル: N₂ 濃度依存.

4. 結言

本研究では RF マグネトロンスパッタ装置を用いて、スパッタリング中の RF 電力および窒素濃度が TiN 薄膜に及ぼす影響を調査した。その結果、RF 電力および窒素濃度を増加することでシート抵抗を低下させることがわかった。また、XRD 解析の結果、窒素濃度 10%以上で成膜した試料において TiN に由来する回折ピークが確認できた。今後の課題として、シート抵抗値と表面構造の関係についての調査を進める予定である。

5. 参考文献

- [1] J. Westlinder, et al., IEEE Electron Device Lett., Vol. 24, pp.550-552 (2003).
- [2] N. Mustapha, et al., Surf. Coat. Technol., Vol. 92, pp.29-33 (1997).
- [3] N. K. Ponon, et al., Thin Solid Films, Vol. 578, pp.31-37 (2015).
- [4] R. T. Carson, et al., Thin Solid Films, Vol. 204, pp.285-296 (1991).