

TiN の有機金属分子線エピタキシー

Metal–Organic Molecular Beam Epitaxy of Titanium Nitride

物材機構¹, 東大物性研², [○]大久保勇男¹, 相澤 俊¹, Mikk Lippmaa², 森 孝雄¹

NIMS¹, ISSP, U. of Tokyo², [○]Isao Ohkubo¹, Takashi Aizawa¹, Mikk Lippmaa², and Takao Mori¹

E-mail: OHKUBO.Isao@nims.go.jp

【緒言】

遷移金属窒化物、特に複合窒化物において、近年、第一原理計算等において種々の特徴的な物性の発現が予測されている。しかし、他の物質系に比べて合成の難易度が高く、物質開拓と機能開拓が著しく遅れている物質群である。我々はこれまで、遷移金属窒化物の新物質開拓を行う目的で、有機金属分子線エピタキシー(MO-MBE)装置を開発してきた。前回の応用物理学会 春季学術講演会では、開発した MO-MBE 装置を用いた窒化チタン(TiN)の薄膜作製実験に、機械学習を導入した「closed-loop 薄膜作製手法」について報告した[1][2]。本講演では、Ti の原料として分子内に窒素原子を含有し、窒化物薄膜成長上問題となりうる酸素等の元素を含まない有機金属・TDMAT(tetrakis(dimethylamido)titanium, $\text{Ti}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_4$)を、分子線エピタキシー成長の原料として初めて用いた TiN の薄膜成長の詳細について報告する[1]。

【実験方法】

独自開発した MO-MBE 装置を用いて $\text{SrTiO}_3(100)$ 基板もしくは $\text{MgO}(100)$ 基板上に、基板温度 $200^\circ\text{C} \sim 900^\circ\text{C}$ の範囲で TiN 薄膜を作製した。窒化源として RF プラズマソースを用いて、基板上で窒素プラズマと TDMAT を反応させることで TiN 薄膜を形成した。

【結果と考察】

窒素プラズマの供給が無い状態での、TDMAT 分子内の窒素原子のみを用いた TiN 結晶相の薄膜形成は困難であった(図(a))。窒素プラズマ供給下での薄膜成長過程は、薄膜成長レートの成長温度依存(図(b))から、 300°C 以下で反応律速、 $300^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ で供給律速、 500°C 以上では脱着律速であることが示唆され、ガスソースを用いた薄膜作製手法で見られる3つの成長過程が確認された。窒素プラズマ供給下では、薄膜成長温度が 600°C 以上から顕著な結晶化が確認され、TDMAT の熱分解を伴う窒化反応による TiN 結晶相の形成が促進されていることが明らかになった(図(a))。当日は、反射型高速電子線回折(RHEED)像と X 線回折測定結果を用いて、TDMAT を用いた分子線エピタキシー薄膜成長の詳細を議論する。

References

- [1] I. Ohkubo, Z. Hou, J. N. Lee, T. Aizawa, M. Lippmaa, T. Chikyow, K. Tsuda, and T. Mori, *Mater. Today Phys.* **16**, 100296 (2021).
- [2] 大久保勇男 他、2021 年 第 68 回 応用物理学会 春季学術講演会 講演予稿集 19p-Z15-8.

【謝辞】本研究は JST-PRESTO、JST イノベーションハブ構築支援事業「情報統合型物質・材料開発イニシアティブ(MI²I)」等の支援のもと行われました。

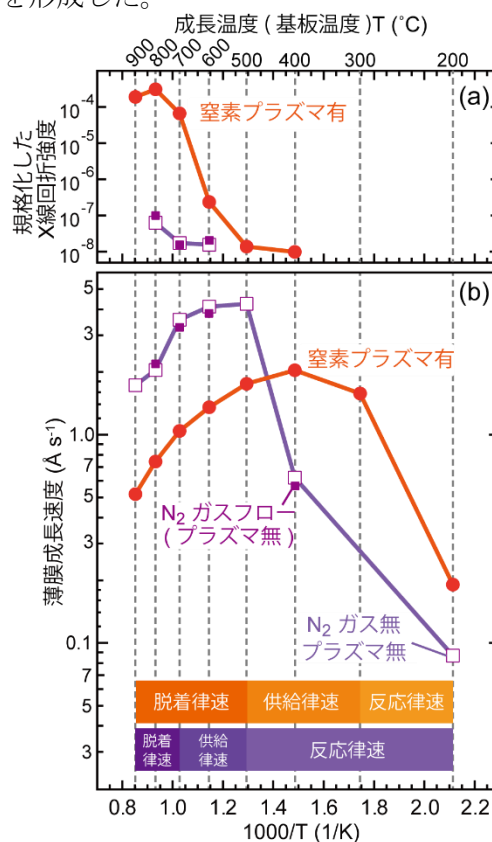


図: (a) TiN 薄膜の X 線回折強度の成長温度(基板温度)依存. (b) TiN 薄膜成長速度の成長温度依存.