

LSAT 基板を用いた単結晶 WO₃ 薄膜の分子線エピタキシャル成長
Molecular Beam Epitaxial Growth of Single-Crystalline WO₃ Films on LSAT Substrates

大阪工業大学 ナノ材料マイクロデバイス研究センター¹, 株式会社リガク X 線研究所²

[○]美藤大輝¹, 栗形航行¹, 小池一步¹, 原田義之¹, 矢野満明¹, 稲葉克彦², 小林信太郎²

Osaka Inst. of Tech., NMRC¹, Rigaku Corp., X-Ray Res. Lab.²

[○]Hiroki Mito¹, Wataru Kuwagata¹, Kazuto Koike¹, Yoshiyuki Harada¹, Mitsuaki Yano¹,

Katsuhiko Inaba², Shintaro Kobayashi²

E-mail: m1m17332@st.oit.ac.jp

はじめに これまで我々は、分子線エピタキシー (MBE) 法で *r* 面サファイア基板上に WO₃ 薄膜を成膜すると、*c* 軸に配向した monoclinic (mono) 構造の WO₃ 薄膜がエピタキシャル成長することを報告してきた[1,2]. しかし、サファイアと WO₃ の面内における格子ミスマッチが 4~8% と大きいと、成長の初期段階で格子緩和が生じ、格子欠陥が導入されている可能性が高い。本研究では、WO₃ と格子定数が比較的接近している LSAT ((LaAlO₃)_{0.3}(Sr₂AlTaO₆)_{0.7}) 基板を用いて、より高品質な WO₃ 薄膜の MBE 成長を試みたので、報告する。

実験と結果 表 1 に LSAT と mono-WO₃ および orthorhombic (ortho)-WO₃ の格子定数を示す。LSAT に対して、前者は *a* 軸長で -5.6%, *b* 軸長で -2.5%, *c* 軸長で -0.57% の、後者は *a* 軸長で -5.1%, *b* 軸長で -2.1%, *c* 軸長で 0.23% の格子ミスマッチがある。このことから、LSAT を基板として用いた場合、*a* 軸に優先配向した WO₃ 膜がエピタキシャル成長する可能性がある。

表 1 LSAT と mono-WO₃ および ortho-WO₃ の格子定数 (単位は nm)

	LSAT	mono-WO ₃	ortho-WO ₃
<i>a</i> 軸長	0.7736	0.7306	0.7341
<i>b</i> 軸長	0.7736	0.7540	0.7570
<i>c</i> 軸長	0.7736	0.7692	0.7754

まず、ラジカルソース MBE 装置 (エピックエスト社製) を用いて、LSAT 基板上に基板温度 600°C で膜厚 5nm~200nm の WO₃ 薄膜を成長した。X 線回折測定を行ったところ、膜厚によらず全ての場合に *a* 軸に配向した mono-WO₃ または ortho-WO₃ 薄膜が成膜されていることが判った。図 1 に膜厚 5nm と 200nm の試料に対して X 線回折測定を行った結果を示す。左図は、2θ を WO₃ の 222 回折角に固定して測定したインプレーンの正極点図である。いずれも結晶構造を反映した 4 つの極点が明瞭に現れ

ているが、現時点では mono と ortho の何れの構造か断定できていない。ただし、膜厚 200nm の場合、極点が円周方向に伸びていることが読み取れる。これは、成膜時に臨界膜厚を超えて格子緩和が起こり、90 度回転ドメイン (WO₃ の *b* 軸長と *c* 軸長が異なるため極点が円周方向に約 1 度ずれる) が発生していることを示唆している。同図右に、非対称面である WO₃ 420 反射のロッギングカーブを示す。膜厚 200nm の半値幅は 2413arcsec であったのに対して、膜厚 5nm では 1016arcsec と狭くなっていたことから、後者の方が結晶性に優れていることが判る。さらに、両試料に対して室温でホール測定を行ったところ、膜厚 5nm の方がより高いキャリア移動度 (膜厚 5nm : 560cm²/Vs, 膜厚 200nm : 6.0cm²/Vs) を示した。以上のことから、膜厚が 5nm の場合、WO₃ 薄膜が基板に対してコヒーレント成長し、格子欠陥の導入が抑えられている可能性が考えられる。

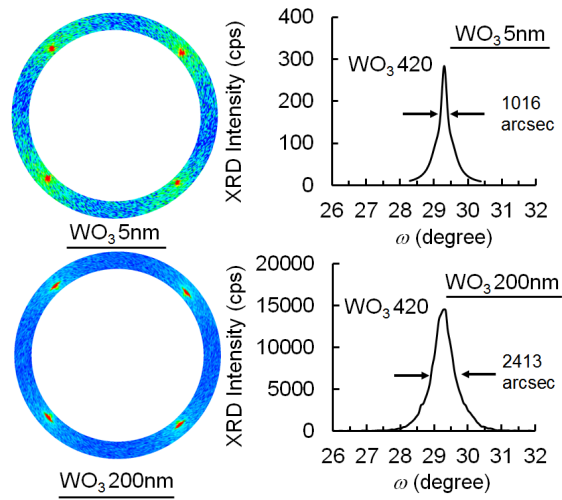


図 1 LSAT 基板に MBE 成長した膜厚 5nm と 200nm の WO₃ 薄膜に対する 222 反射の正極点図と非対称面ロッギングカーブ

[1] 村山ほか, 2016 年秋季応物予稿, 16p-A22-5.
[2] 栗形ほか, 2017 年春季応物予稿, 16a-502-12.