

PLD 手法を用いた SrTiO₃ 薄膜の成長における He ガスの効果

He gas effect on SrTiO₃ thin film growth by pulsed laser deposition

東大物性研¹, JST さきがけ², °高橋 竜太^{1,2}, 李 智蓮¹, リップマー ミック¹

ISSP, Univ. Tokyo¹, JST PRESTO², °Ryota Takahashi^{1,2}, Jiyeon N. Lee¹, Mikk Lippmaa¹

E-mail: rtaka@issp.u-tokyo.ac.jp

[はじめに] 原子レベルで制御された酸化物薄膜を作製する方法としてパルスレーザー堆積法 (PLD 法) が盛んに使用されている。紫外線レーザーを酸化物焼結体に集光し、原料を蒸発させ、高温に加熱した基板上に薄膜を堆積する方法である。最近ではエキシマレーザーに限らず、YAG レーザーを用いることで装置の小型化も可能になり、酸化物以外の材料にも幅広く利用されてきている。しかし、使用するレーザーの種類によって、光の波長、強度、スポットサイズが異なり、プラズマの Kinetic エネルギーも変化するため、エキシマレーザーで堆積された薄膜の特性が YAG レーザーにおいて再現しないこともあるのが現状である。本発表ではこのような PLD 成長における問題点を解決する方法の 1 つとして、He ガス中の PLD を用いた酸化物薄膜成長を提案する。SrTiO₃ 薄膜の成長を例にして、プルームの Kinetic エネルギーと薄膜中の欠陥生成の関連について議論する。

[結果と考察] YAG レーザーを装備した PLD 装置を利用し、SrTiO₃(001) 基板上に SrTiO₃ 薄膜を 900°C の基板温度で堆積した。薄膜堆積中の He ガスの効果を調べるために、10mTorr の酸素雰囲気中、酸素と He ガスの混合ガス(酸素分圧 10m Torr、全圧 0.6Torr) の 2 つの圧力下で成膜を行なった。図 a に 10mTorr の酸素雰囲気中、図 b に酸素と He の混合ガス中で堆積した SrTiO₃ 薄膜の XRD 解析の結果を示す。図 a では、基板と薄膜が同じ材料にも関わらず、薄膜の格子定数はバルク結晶に比べ長くなり、薄膜内に点欠陥を多く含んでいる。図 b では、基板と薄膜の格子定数がほぼ同一になり、He ガスによって点欠陥が少ない薄膜が形成しているのがわかった。

この原因を調べるために、プルーム電流の計測を行った。PLD に一般的に使用されるエキシマレーザーに比べ、YAG レーザーのエネルギー密度が高いため、プルームの Kinetic エネルギーが高くなり、堆積した薄膜の表面がプルームによってスパッタされることが示唆された。つまり、図 a の薄膜では表面がプルームにスパッタされ、点欠陥が多い結晶になったと考えられる。一方、全体のガス圧が高くなると、プルームと周辺分子の衝突頻度が高まり、プルームの Kinetic エネルギーは減少し、薄膜表面がスパッタできなくなるため、点欠陥の生成が抑制された。

[謝辞] 本研究は JST さきがけ、JST 未来社会創造事業の支援を受けたものである。

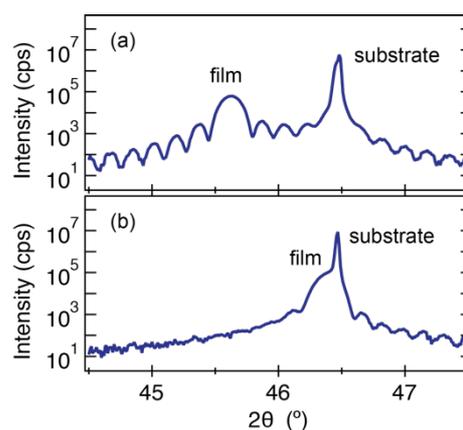


図 SrTiO₃ 薄膜の XRD パターン。(a) 10mTorr の酸素雰囲気中、(b) 酸素と He の混合ガス(酸素分圧 10mTorr、全圧 0.6Torr)