

デプスカメラによるプルーム高さモニタリング及びその場高さ制御

Plume height monitoring and in-situ height control using a depth camera

名大工¹, 愛工大² 長田智樹¹, [○]山崎春太郎¹, 一野祐亮², 吉田隆¹
Nagoya Univ.¹, Aichi Inst. of Technol.², T. Osada¹, S. Yamazaki¹, Y. Ichino², Y. Yoshida¹

E-mail: yamazaki.shuntaro@a.mbox.nagoya-u.ac.jp

1.はじめに

Pulsed Laser Deposition (PLD)法により薄膜を作製する際に、プルームと呼ばれるプラズマ発光柱が生じる。プルームは雰囲気酸素圧力やレーザー照射エネルギー密度等のパラメータによって形状が変化することが知られている[1]。しかし、レーザー励起媒体の劣化やターゲットの形状等様々な非定量的な要因によってもプルーム形状は変化するため、同じ条件であってもプルーム形状の違いにより特性が異なることがある。そこで我々は、PLD法における再現性の向上を目的として、成膜中のプルーム情報をもとにフィードバック制御を行い、成膜中に作製条件の調節を可能とする技術の開発を進めており、これまで、市販のデプスカメラを用いたプルーム形状情報取得を行ってきた。

本講演では、デプスカメラにより成膜中のプルーム形状を取得し、それをもとに酸素分圧を調節することで成膜中のプルーム高さを修正する手法の開発について報告する。

2. 実験方法

PLD法を用いて $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ 薄膜を作製し、成膜途中のプルームをデプスカメラ(Intel, Realsense Depth Camera D405)により撮影し、取得したデプス画像からプルームの高さを求めた。本実験では、基板温度を $700\sim 900^\circ\text{C}$ 、レーザーエネルギーを $40\sim 60\text{mJ}$ 、目標プルーム高さを $0.02\sim 0.035\text{m}$ の任意の値、KrFエキシマレーザー(波長 248nm)の繰り返し周波数を 10Hz に固定して成膜を行い、成膜中に手で酸素分圧のみを変更することでプルーム高さを調節を行った。

また、比較のため、成膜途中に酸素分圧を調節しない場合のプルーム高さを取得も行った。この成膜における酸素分圧は、これまでのデータから作成した単回帰直線により求めた値を用いた。

3. 結果及び考察

Fig. 1 に目標プルーム高さとデプス画像から求めたプルーム高さを示す。ここで、1~3 回目は酸素分圧調節を行っていない場合、4~8 回目は調節を行った場合の結果である。また、プルーム高さ 0.035m はレーザーエネルギーの大きさにより達成できない場合があるため、差が大きくなっている。図より、酸素分圧調節

を行うことで、デプスカメラから取得したプルーム高さと目標プルーム高さの差が小さくなることが分かる。プルーム高さを任意の値に設定可能となれば、プルーム高さを温度や圧力等と同じように、一つの実験パラメータとして扱うことができるようになると思われる。

今回行った酸素分圧の手動調節による修正では即応性が低く、フィードバックに時間がかかる。今後、即応性が高く自動で制御できるレーザーのエネルギーやスポットサイズの変更等の別手法の開発が必要である。

当日は、プルーム高さを入力パラメータとしたベイズ最適化による作製条件探索の結果についても報告する予定である。

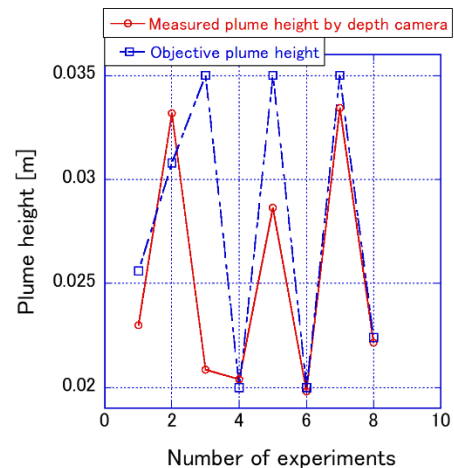


Fig. 1 Objective plume height and plume height measured by depth camera

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(20H02682、21H01872)、NEDO、大倉和親記念財団及び日比科学技術振興財団からの助成を受けて実施した。

参考文献

- [1] M. Hiramatsu and S. Ishibashi, The Review of Laser Engineering, 18, 355 (1990)