

PLD法におけるアブレーションプラームのモニタリングシステムの構築

Construction of a monitoring system for ablation plume in the PLD method

愛工大¹, 名大², 九工大³, 電中研⁴, JST-CREST⁵

○松田 遼太郎¹, 佐々 文彌¹, 藤田 竜也¹, 田岡 紀之¹, 清家 善之¹, 森 竜雄¹,
一野 祐亮^{1,5}, 堀尾 恵一^{3,5}, 一瀬 中^{4,5}, 堀出 朋哉^{2,5}, 松本 要^{2,5}, 吉田 隆^{2,5}

Aichi Inst. of Technol.¹, Nagoya Univ.², Kyushu Inst. of Technol.³, CRIEPI⁴, JST-CREST⁵

R. Matsuda¹, F. Sassa¹, T. Fujita¹, N. Taoka¹, Y. Seike¹, T. Mori¹, Y. Ichino^{1,5},

K. Horio^{3,5}, A. Ichinose^{4,5}, T. Horide^{2,5}, K. Matsumoto^{2,5}, Y. Yoshida^{2,5}

E-mail: v24728vv@aitech.ac.jp

研究背景

YBCO超伝導薄膜の成膜

PLD法

- ✓装置構成が単純
- ✓ターゲットとの組成ずれが起きにくい
- ✓高融点材料でも薄膜化が容易

成膜時に設定するパラメータ

- ✓酸素圧力
- ✓レーザーエネルギー
- ✓基板温度

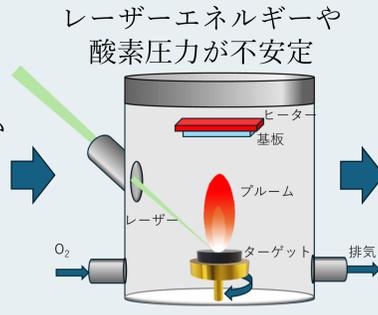


Fig.1 Schematic diagram of PLD method

特性評価

- ✓臨界温度
- ✓臨界電流
- ✓X線回折パターン
- etc.

同じ条件で成膜しても
同じ特性が得られにくい

再現性・安定性が課題

プラームの特性

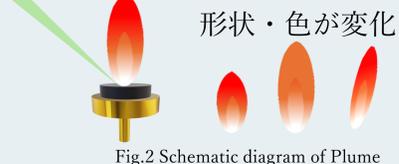


Fig.2 Schematic diagram of Plume

プラームに影響するパラメータ

- ✓酸素圧力
- ✓レーザーエネルギー
- ✓ターゲットの状態

プラームを見る



Fig.3 The plume is being photographed in real time to grasp the plume's state

チャンバー内の変化にその場で対応可能

研究目的

再現性の良いYBCO薄膜の成膜を可能にする
→プラーム特性の解明が必要不可欠

プラームのモニタリングシステムを構築

- ✓デプスカメラを用いてプラームを撮影
- ✓リアルタイムで画像処理・表示
- ✓サイズ情報や色情報を逐次保存

プラーム特性と超伝導特性の相関を探る

実験方法

Nd:YAGパルスレーザー
蒸着法で薄膜作製

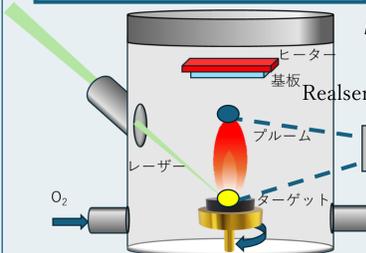


Fig.4 Schematic diagram of PLD method

(x₁, y₁, z₁) (x₂, y₂, z₂)

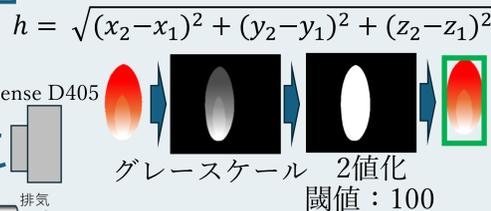


Fig.5 Schematic diagram of the monitoring system

Pythonで一連の処理を行う

Table1. YBCO film forming conditions

パラメータ	条件
成膜方法	PLD法
レーザー光源(波長)	Nd:YAGレーザー(266 nm)
レーザーエネルギー	10 mJ ~ 20 mJ
酸素圧力	10 ⁻² Pa台~100 Pa 13.3 Pa ~53.2 Pa
ターゲット	YBa ₂ Cu ₃ O _y
成膜基板温度	920 °C
レーザー繰り返し周波数	10Hz
成膜時間	各10 min 30 min

結果と考察

プラームのモニタリング

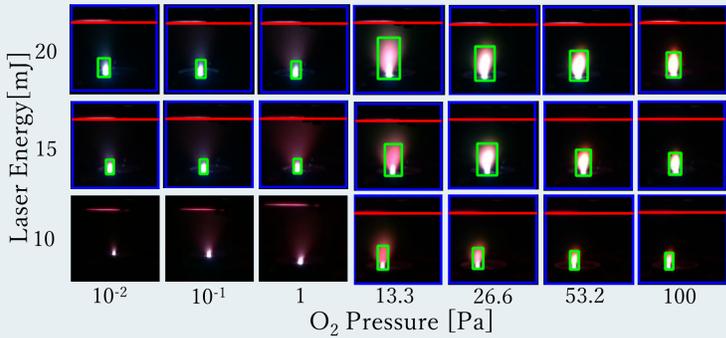


Fig.6 Images of YBCO ablation plumes

- ✓プラームの形状を認識し、リアルタイムで外接矩形が描かれた
- ✓酸素圧力が1 Pa以下のプラームを捉えられない
→2値化における閾値の調整が必要

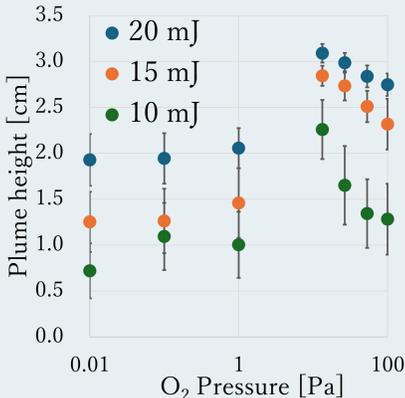


Fig.7 YBCO ablation plume height

- ✓酸素圧力が13 Pa以上では、プラームの高さも幅も酸素圧力の増加に伴い小さくなる
→アブレーション粒子の平均自由行程が短くなるため
- ✓プラームの高さも幅もレーザーエネルギーの増加に伴い大きくなる

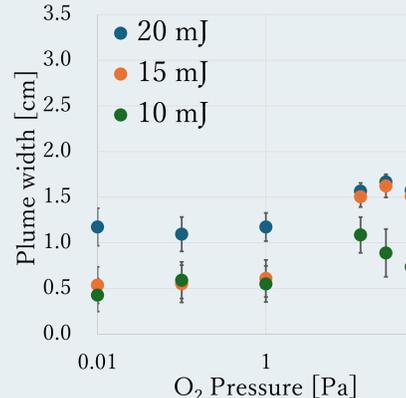


Fig.8 YBCO ablation plume width

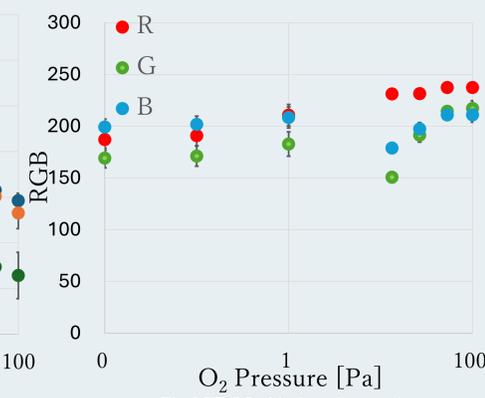


Fig.9 YBCO ablation plume color

- ✓酸素圧力が13 PaのプラームがRの比率の高い色になった

2次多項式によるフィッティング (1 Pa以上)

$$h = -0.01291 E_L^2 + 0.48633 E_L + 0.00062 E_L P_{O_2} - 0.02942 P_{O_2} + 0.00012 P_{O_2}^2 - 1.22632$$

R²: 0.97537 Table2. Coefficient of polynomial

	E _L ²	E _L	E _L P _{O₂}	P _{O₂}	P _{O₂} ²	const
係数	-0.01291	0.48633	0.00062	-0.02942	0.00012	-1.22632
倍率	100	10	100	10	100	1
順位	3	1	5	4	6	2

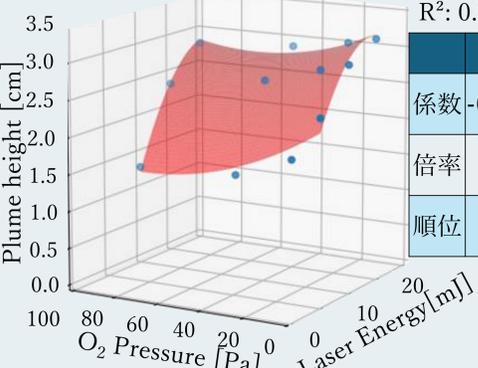


Fig.10 Fitting surfaces at the height of the YBCO ablation plume

- ✓レーザーエネルギーと酸素圧力は両方プラームの高さに影響を与える
- ✓レーザーエネルギーの方が影響が大きい

プラームと超伝導特性

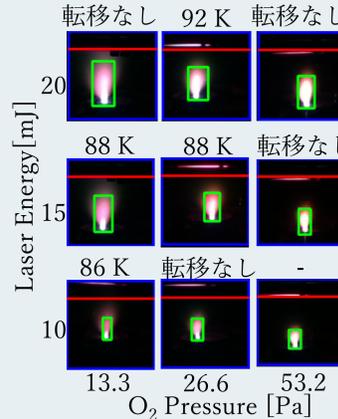


Fig.11 Images of YBCO ablation plumes

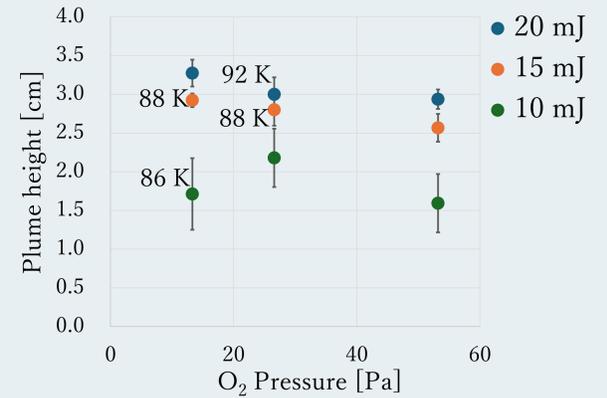


Fig.12 YBCO ablation plume height and Tc

- ✓プラームサイズとTcの相関は見つけられなかった
→機械学習を用いてプラームとTcの相関を見つける

まとめ

- ✓YBCO薄膜の再現性向上を目指し、プラームのモニタリングシステムを開発した
- ✓酸素圧力が1 Pa以下のプラームを捉えられなかった
→2値化における閾値の調整をする
- ✓レーザーエネルギーと酸素圧力は両方プラームのサイズに影響を与える
- ✓酸素圧力はプラームの色に影響を与える
- ✓プラームのサイズとTcの直接的な相関は見つけられなかった
→機械学習を取り入れる
- ✓今後はモニタリングシステムを基にプラームの形状を制御するシステムを構築する

謝辞

本研究はJST、CREST、JPMJCR2336の支援を受けたものである。
また、観測システムの構築に関しては、名古屋大学電気工学専攻吉田研究室山崎 春太郎氏から多くのご協力をいただいた。