

L-51

SrTiO₃ アブレーションプラズマからのイオン引出についてExtracted Ions from SrTiO₃ Ablation plums○鹿沼 将¹, 胡桃 聡, 松田健一, 鈴木 薫²Sho Kanuma¹, *Satoshi Kurumi¹, Ken-ichi Matsuda and Kaoru Suzuki²

Abstract: In this study, we have attempted to generate an ion beam from multi element materials to apply it to the new physical vapor deposition system. Sr, Ti, and O ions generated by pulsed laser ablation were attracted to direct voltage impressed electrodes ($\pm 0.5 \sim 1.5$ kV). Ion current was increased with increasing applied voltage. These ions were accelerated by electric field attributed to high direct voltage.

1. 研究背景

現在高温超伝導体やペロブスカイト太陽電池など持続可能な社会に貢献する物質開発が盛んになされている。これらの物質を生成するためには高いレベルの成膜装置や、原材料が必要であり、さらなる物理蒸着法や化学蒸着法の技術開発が求められる。また量子ドットのようにナノメートル程度の微粒子を粒径調整しながらパターンニングして堆積させることによりバンドギャップを制御することが可能となる^[1]。量子ドットの作成法にはバルク材料を切削するトップダウンと結晶成長時の歪力から自己形成させるボトムアップのアプローチがある。

我々はイオンビームを集束させることで、基板表面に自己形成させる堆積法を検討している^[2]。また、イオン源としては、レーザー照射によって物質をイオン化させるため、固体の物質であればイオン化が容易とされるパルスレーザーアブレーション法を用いる。そこで本稿では、融点の異なる多元素材料の SrTiO₃ をアブレーションさせ、そこからのイオン引出を試み、その実験結果を報告する。

2. 実験方法

Fig. 1 に実験装置の概略図を示す。イオン化させるターゲットには SrTiO₃ 焼結体 (フルウチ化学, 99.99%) とし、チャンバー内に設置した。チャンバー内は油回転ポンプによって 10 mTorr まで排気した。アブレーション

源として、Nd: YAG レーザ (LOTIS TII 社製, LS-2147, 波長 355 nm, パルス幅 22 nm, レーザエネルギー 320 mJ) ターゲットに照射した。その時発生するアブレーションプラズマ中のイオンを円筒状の引出電極 (内径 2.0 mm, 外径 3.0 mm, 厚さ 3.0 mm, 真鍮) に電圧を印加することによって集束させた。ターゲットと引出電極との距離は 120 mm とした。集束されたイオンは引出電極を通過し、イオン電極 (20×20 mm, 厚

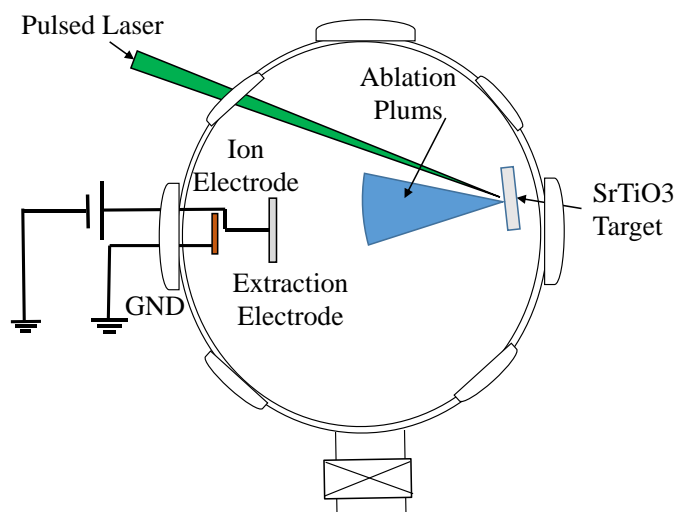


Figure 1. Extracted ions from ablation plums method (ターゲットは 0.5 mm, 銅) に到達させた。引出電極とイオン電極との距離は 50 mm とした。引出電極への印加電圧は 0, 0.5, 1.0, 1.5 kV 及び -0.5, -1.0, -1.5 kV にそれぞれ変化させ、その際のイオン電極の電流値を測定した。発生させたアブレーションプラズマの発光スペクトルは分光光度計 (StellarNet Inc 社製, EPP2000C-50) を用いて分光測定を行い、発生したイオン種の確認をした。イオン電極の電流値はオシロスコープ (Tektronix 社製, TDS1012B) を用いて測定した。

3. 実験結果

Fig. 2 はアブレーションプラズマの発光スペクトルである。発光スペクトルは複数のピークで成り立っており、プラズマ特有の発光特性であることが分かる。発光スペクトルのピークは 300 ~ 600 nm 付近に Ti⁺ の発光, 850 ~ 1000 nm 付近に Sr⁺ の発光, 700 ~ 980 nm 付近に O² の発光が確認された。このことから 355 nm の Nd:YAG レーザアブレーションによって、SrTiO₃ の構成されている元素それぞれにイオン化させることが分

1 : 日本大学理工学部電気工学科, 学生 2 : 日本大学理工学部電気工学科, 教員

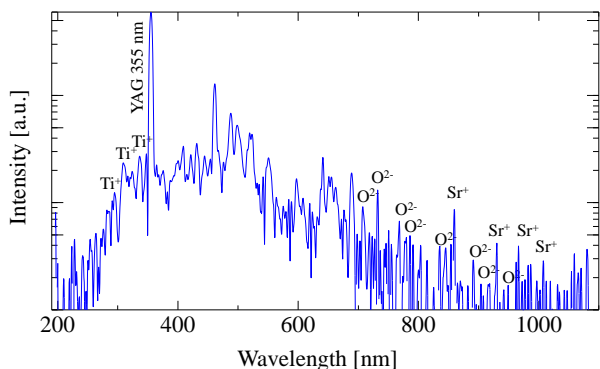


Figure 2. Emission spectrum of ablation plums

かった。

Fig. 3 は引出電極にプラス電圧を加えた時にイオン電極に流れた電流値の時間推移である。時間軸はレーザー発振後の経過時間を意味する。印加電圧 0 kV の時、電流値に特徴的なピークは見られなかった。

一方 0.5 ~ 1.5 kV においては、電流値は負を示した。また、電流値のピーク値は 0.5, 1.0, 1.5 kV それぞれ -0.084, -0.116, -0.166 mA であった。これはレーザーアブレーションによって発生した陰イオンの O^{2-} が正に印加された引出電極方向へ加速及び通過したと考えられる。

Fig. 4 は引出電極にマイナス電圧を加えた時にイオン電極に流れた電流値である。印加電圧 -0.5, -1.0, -1.5 kV の時、電流値は正を示した。-0.5, -1.0, -1.5 kV の電圧を印加した時、電流値はそれぞれ 0.110, 0.120, 0.196 mA であった。これはアブレーションプラム中の陽イオンの Ti^+ , Sr^+ によるものと考えられる。

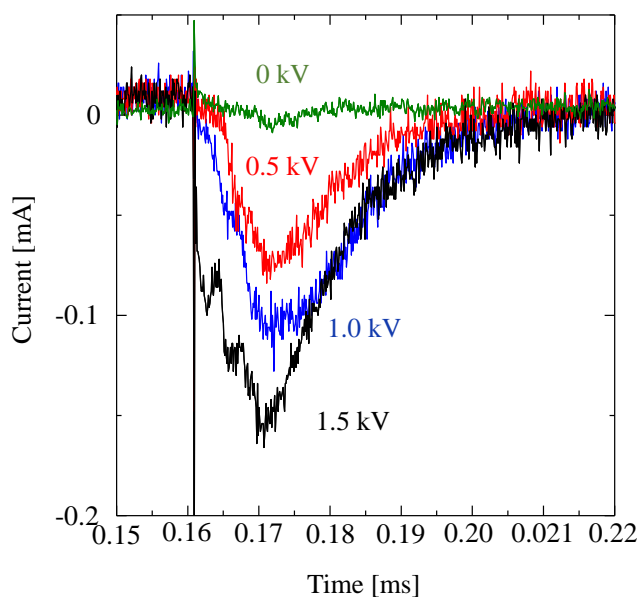


Figure 3. Ion current with plus voltage

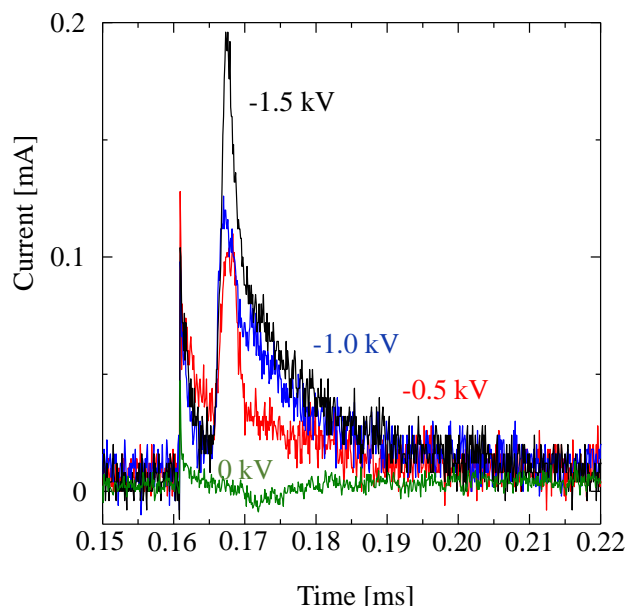


Figure 4. Ion current with minus voltage

Fig. 3, 4 それぞれ、印加電圧が高いほど電流値のピークは大きく、ピーク位置が速くなることが分かった。これは印加電圧が高いほど電場が強くと多くのイオンが引き出され、加速されたためだと考えられる。

4. まとめ

本実験では、 $SrTiO_3$ を 355 nm の Nd: YAG レーザーによってレーザーアブレーションし、引出電極に電圧を印加することによって、アブレーションプラムからイオンの引出を行った。アブレーションプラムの発光スペクトルを調べたところ、ピークに Sr^+ , Ti^+ , O^{2-} の特徴が確認された。引出電極の印加電圧によって陽イオン、陰イオンの引出しに成功した。

参考文献

- [1] Y. Okada, J. Vac. Soc. Jpn. Vol. 55, pp. 556-561 (2012)
- [2] S. Ohmuro et al., COLA2015 program handbook, P-117 (2015).