パルスレーザーアブレーションにおける対向衝撃波のプルームダイナミクスへの影響

Effect of the counter shock wave on plume dynamics during pulsed laser ablation

甲南大理工¹, 奈良高専²,阿南高専³ ^O(M2)片山 慶太¹,木下 稔基²,福岡 寛²,吉田 岳人³,青木 珠緒¹,梅津 郁朗¹ Dept. of Phys. Konan Univ.¹, NIT. Nara College², NIT. Anan College³ [°]Keita Katayama¹, Toshiki Kinoshita²,Hiroshi Fukuoka², Takehito Yoshida³, Tamao Aoki¹ and Ikurou Umezu¹

E-mail: m1621002@s.konan-u.ac.jp

我々は複合ナノ結晶の構造制御を目指してダブルパルスレーザーアブレーション(D-PLA)法の 研究を進めている。通常のシングルパルスレーザーアブレーション(S-PLA)法ではプルームのダイ ナミクスはブラスト波モデルによって記述され、衝撃波の形成・時間進展がプルームのダイナミ クスに大きく影響する。我々はこれまで、対向プルームが形成する衝撃波がプルーム進展に対し て影響することを報告している。本報告では、D-PLA法におけるプルーム衝突過程の衝撃波の影 響を、衝撃波管で用いられる一次元モデルで近似して議論していく。

2 台のパルス YAG レーザーを用い Nb₂O₅ターゲットを波長 355nm、フルエンス 8.0J/cm²で、 Ni ターゲットを波長 266nm、フルエンス 10.0J/cm²で照射した。Nb₂O₅ターゲットは 0mm、Ni タ ーゲットは 9mm の位置に設置した。雰囲気ガス圧は 500Pa から 3000Pa で変化させ、プルームの 発光強度の時間変化を ICCD カメラで撮影した。

S-PLAでの衝撃波面(SF)とコンタクトフロント(CF)の進展はレーザー照射後初期段階では自由膨張を行い、その後ブラスト波領域へと移行する。ブラスト波領域では SF と CF は共に進展し、その進展距離 R(t)はエネルギーE₀、雰囲気ガス圧 P、時刻 t を用いて

 $R(t) \propto (E_0/P)^{1/5} t^{2/5}$

と表せる。その後、SF に対して CF は遅れ始め、SF と CF は分離する。

Fig.1 は雰囲気ガス圧 500Pa、3000Pa でのプルームの 発光強度のコンタープロットである。(a)は S-PLA 法に おける Nb₂O₅ 及び Ni ターゲット単体での実験結果を数 値的に足し合わせたもので(b)は D-PLA 法での実験結 果と上式で求めた SFの進展をブラスト波領域でフィッ ティングをかけ外挿したものを破線で示している。雰 囲気ガス圧 500Pa では SF と衝突後 CF の速度は、ほぼ 0 となり停滞している。また雰囲気ガス圧 3000Pa では SF と衝突後 CF の速度は負の値となり、押し返されて いる。

SF と CF の衝突後の進展を衝撃波管で用いられる一 次元モデルで近似した。Fig.1(c)はその概念図である。 一次元モデルを用いると、SF と CF の速度、各領域の インピーダンスによって衝突後の SF 及び CF の進展を 計算できる。500Pa では SF と CF が衝突した後 CF の速 度が 0 となるため、衝撃波管におけるテーラードの条 件、つまり CF と SF がインピーダンスマッチングした 条件とみさせる。このときのプルームの温度を計算し たところ約 30000K となった。この温度はプルームの温 度としては妥当な温度であり、一次元モデルの近似が 悪くないことを示している。雰囲気ガス下ではインピ ーダンスによって衝突後のプルームが混合もしくは分 離という条件を記述することが出来る。これは複合ナ ノ結晶を作成する上で非常に重要な情報となる。



Fig.1 Contour plot of plume emission intensity as a function of position and time. The broken lines are position of shock front. The positions of Nb₂O₅ and Ni targets are 0 and 9 mm, respectively. (a)Numerical superposition of the results of SPLA of Nb₂O₅ and Ni. (b) The results of DPLA.

(c) Conceptual diagram of 1D shock tube model.