液中レーザー溶融法における冷却効果を考慮した粒子温度の推定

Particle Temperature Estimation during Pulsed Laser Melting in Liquid Considering Cooling Effect

北大工[1]，九大工[2]，産総研[3]，島根大工[4]，○榊 祥太[1]，越崎 直人[1]，池上 浩[2]，石川 善恵[3]，辻 剛志[4]

Hokkaido Univ.[1], Kyushu Univ.[2], AIST[3], Shimane Univ.[4],

°Shota Sakaki[1], Naoto Koshizaki[1], Hiroshi Ikenoue[2], Yoshie Ishikawa[3], Takeshi Tsuji[4]

E-mail: sakaki.shota@frontier.hokudai.ac.jp

液中レーザー溶融法は，液中に原料粒子を分散させたコロイド溶液にパルスレーザーを照射することで，サブミクロン球状粒子を合成する手法である．この手法では一般的にパルス幅が数ナノ秒の Nd:YAG レーザーが用いられ，瞬間的にエネルギーを投入することで粒子周囲の液体による冷却効果をほとんど受けずに粒子のみを選択的に加熱できる．この選択性から粒子加熱中は粒子-液体間で断熱状態が仮定され，この仮定に基づいた計算によってサブミクロン球状粒子を得るために必要なレーザーフルーエンスをある程度予測できる[1].

しかし，パルス幅が数十ナノ秒の場合，サブミクロン球状粒子の合成には計算で予測される値より大きなレーザーフルーエンスが必要だった[2]．これは，パルス幅の増加に応じて冷却効果が増大し，粒子から液体に熱を損失することを示唆している．本研究では冷却効果を考慮した粒子加熱・冷却モデルを作り，粒子が到達する最高温度に及ぼす冷却効果を求めた．

粒子内の温度が一様と考えたときの，酸化亜鉛球状粒子が到達する最高温度の粒子径-フルーエンス分布図を Fig. 1 に示す．断熱状態を仮定した条件では，冷却効果による熱損失が全くない状態で粒子が到達する最高温度を求められた（Fig. 1a）．この断熱状態の結果と比較して，冷却効果を考慮した条件（パルス幅：30 ns）では，全体的に最高温度が低下し，中でも粒子径が 70 nm 程度以下では著しく最高温度が低下した（Fig. 1b）．これは，冷却効果による熱損失が存在し，粒子径が小さいほど冷却効果が大きくなることを理論的に示している．

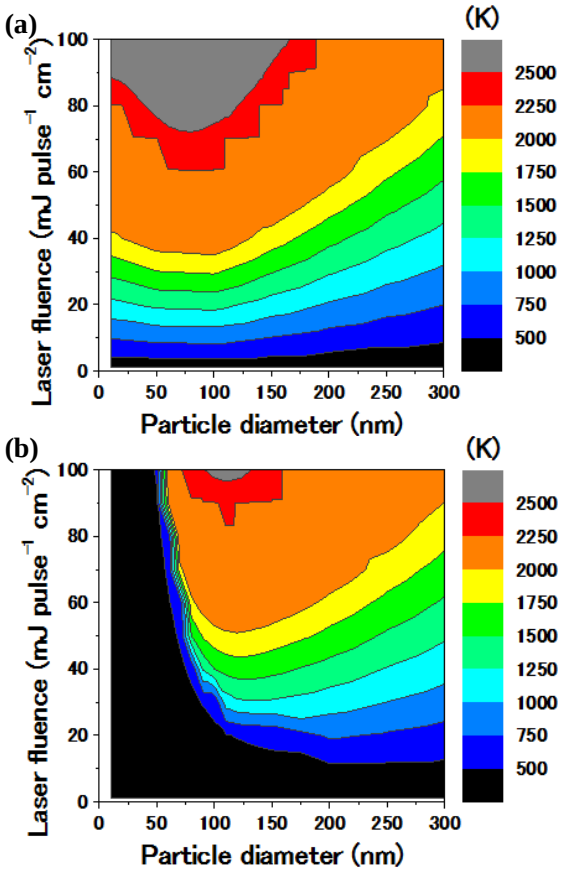

Fig. 1 Maximum temperature of ZnO particles irradiated with nanosecond laser (a) in adiabatic condition ignoring cooling effect, and (b) with pulse width of 30 ns considering cooling effect.

[1] A. Pyatenko et al., Laser Photonics Rev., 7 596 (2013)

[2] 榊 祥太 他，第 63 回応用物理学会春季学術講演会 20a-w321-9 (2016).

© 2016年 応用物理学会