

液中レーザー溶融法によるシリコンサブミクロン球状粒子の生成

Fabrication of Silicon Submicron Particles by Pulsed Laser Melting in Liquid Medium

北大工, °若月 雄哉, 越崎 直人

Hokkaido Univ., °Yuya Wakatsuki, Naoto Koshizaki

E-mail: wakkaa82@frontier.hokudai.ac.jp

原料ナノ粒子を液体中に分散させ、これにパルスレーザーを照射することでさまざまな材料のサブミクロン球状粒子が作製可能である（液中レーザー溶融法）。シリコンは有用な半導体であるが、シリコンのサブミクロン球状粒子合成に関する報告は限られている。従来の実験では、サイズが $1\sim 2\ \mu\text{m}$ のシリコン粒子を原料とし、 $532\ \text{nm}$ のレーザーを利用していたため、粒子生成に必要なフルーエンスが $460\ \text{mJ pulse}^{-1}\ \text{cm}^{-2}$ と大きかった[1]。原料粒子サイズが大きいこと、シリコンのバンドギャップは $1.2\ \text{eV}$ と小さいが間接遷移のため $532\ \text{nm}$ の光に対する吸収効率が悪く、十分加熱されにくいことが原因と考えられた。

そこで、平均粒子サイズが $100\ \text{nm}$ のシリコンナノ粒子を原料として用い、サブミクロンサイズの球状粒子生成実験を行った。また、原料サイズと照射波長の効果を検討するため、 $100\ \text{nm}$ と $1500\ \text{nm}$ の原料サイズでシリコンを溶融させるのに必要なフルーエンスの波長依存性を計算し、実験結果との比較により、妥当性を評価した。

照射したレーザーのエネルギーがシリコン粒子の加熱にすべて使われるとし、粒子の大きさにある程度のばらつき（変動係数 20%の対数正規分布）を仮定したときのシリコン粒子を溶融させるのに必要なフルーエンスの計算結果を Fig. 1 に示す。グラフより、 $1500\ \text{nm}$ の粒子では $500\sim 800\ \text{mJ}$ のフルーエンスが必要だが、原料を $100\ \text{nm}$ にすることで大きくフルーエンスを下げることができ、かつ $355\ \text{nm}$ のレーザー光を用いれば $100\ \text{mJ}$ 以下のフルーエンスで溶融可能であることがわかった。そこで、波長を $355\ \text{nm}$ に設定し、フルーエンスや照射時間、溶媒の種類などの条件を変え、粒子生成を行った。Fig. 2 は、フルーエンス $66\ \text{mJ pulse}^{-1}\ \text{cm}^{-2}$ 、照射時間 $30\ \text{min}$ の条件下で実験を行った際の生成粒子の SEM 画像であり、球状粒子生成を確認することができた。レーザー波長と原料粒子サイズの最適化を図ることで、従来よりも低いフルーエンスでのシリコン球状粒子生成に成功した。

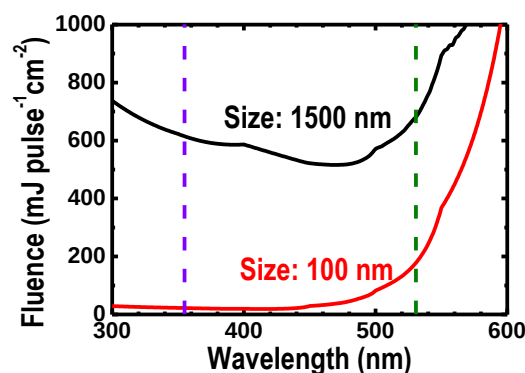


Fig. 1 Wavelength dependence of fluence required to melt a silicon particle

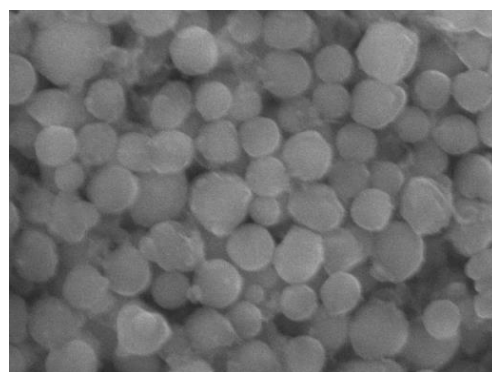


Fig. 2 SEM image of Si particles obtained by pulsed laser melting in water at $66\ \text{mJ pulse}^{-1}\ \text{cm}^{-2}$ for $30\ \text{min}$ from $100\ \text{nm}$ raw particles.

[1] X.Y. Li, A. Pyatenko, Y. Shimizu, H.Q. Wang, K. Koga, N. Koshizaki, *Langmuir*, 2011, 27 5076