

パルスレーザーアブレーション過程で複合ナノ粒子の凝集に対する衝撃波の効果

Effect of shock wave on aggregation of nanoparticle complexes during pulsed laser ablation

甲南大理工¹, 奈良高専², 阿南高専³○(DC)片山 慶太¹, 福岡 寛², 吉田 岳人³, 青木 珠緒¹, 梅津 郁朗¹Dept. of Phys. Univ.¹, NIT. Nara College², NIT. Anan College³°(DC) Keita Katayama¹, Hiroshi Fukuoka², Takehito Yoshida³, Tamao Aoki¹ and Ikurou Umezu¹E-mail: d1821002@s.konan-u.ac.jp

我々は複合ナノ粒子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(DPLA)法の研究を進めており、これまでに衝突するプルームの混合・分離の手段として対向衝撃波の効果を報告している[1]。低い雰囲気ガス圧ではプルームが混合するのに対して、高い雰囲気ガス圧では対向衝撃波との衝突によってプルームが後退し、2つのプルームは分離する。本報告ではプルームが混合する条件(500Pa)と分離する条件(2000Pa)での複合構造と凝集メカニズムを考察していく。

繰り返し周波数 10Hz の 2 台のパルス YAG レーザーを用い、Si ターゲットと Ge ターゲットを照射した。雰囲気ガスは He を用いて雰囲気ガス圧を 500Pa と 2000Pa とした。堆積基板は照射点から横方向 8mm の位置にプルームの進展方向に対して平行に設置した。

STEM 画像と EDS マッピングの結果からプルームが混合する条件である雰囲気ガス圧 500Pa では 1 次粒子の粒形が約 10nm の Si と Ge の混晶から構成された柱状構造であった。プルームが分離する条件である 2000Pa での STEM 画像と同視野の EDS マッピングの結果を Fig.1(a)および Fig.1(b)に示す。凝集構造は 1 次粒子の粒形が約 10nm で構成された繊維状構造であった。1 次粒子の電子ビームの深さ方向への重なりが少ない部分を Fig.1(b)の丸で示す。EDS マッピングにおいて Si 成分が赤、Ge 成分が緑で示されている。これらから分かるように、Si もしくは Ge リッチな繊維構造領域が存在する。

雰囲気ガス圧 500Pa での堆積中にプルームの時間発展を観察すると 2 つのプルームは衝突後に混合し、堆積基板近くまで進展していた。このことより混合プルーム中でナノ粒子化した混晶が基板上で柱状に凝集したと考えられる。それに対して雰囲気ガス圧 2000Pa では、対向衝撃波によって分離されたそれぞれのプルームは堆積基板の遠方で進展が止まっていた。このことと、Si もしくは Ge リッチな繊維状構造が観測されたことから、繊維状構造は基板到達前の空間中でナノ粒子が凝集することで形成されたと考えられる。プルームがナノ粒子化する時間は数 100μs 程度と言う報告があり、その時刻以前にプルームは停滞していることより空間中の雰囲気ガスの流れ場はほぼ静止していると考えられる。しかし、空間中で形成された繊維状の凝集体は堆積基板まで到達して堆積している。このことから、追従するレーザーパルスによって発生した衝撃波によって誘起された流れ場が空間中に存在する凝集体を基板まで移動させたと考えられる。この現象によって独立して凝集していた繊維状構造が衝突し Si リッチ繊維構造と Ge リッチ繊維構造の混合体を形成したと考えられる。これまでに PLA 法において追従するレーザーパルスによって発生した衝撃波の影響は考慮されていなかったが、特に雰囲気ガス圧が高いときにはナノ粒子は空間中に漂い、追従する衝撃波によって誘起された流れ場によって基板に到達すると考えられる。

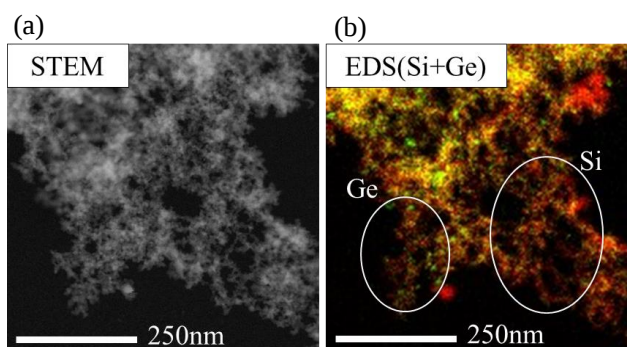


Fig.1 (a) STEM and (b) EDS mapping images of nanoparticle complexes at background gas pressure of 2000Pa.

参考文献

[1] K. Katayama et al, Applied Physics A **124**, 1 (2018)