

# 論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 武藤 麻紀子

本論文「時空間閉じ込め型クラスター生成源の開発及びシリコンクラスターの自己秩序構造の研究」は、レーザー誘起型衝撃波による時空間閉じ込め型の新原理クラスター生成源 **spatiotemporal confined cluster source (SCCS)** の開発、及び、シリコンクラスターの無秩序基板上でのナノ秩序構造の自発的生成について報告している。

本研究では、新原理クラスター生成源を、従来の生成源における生成機構の考察から実験的に開発し、生成領域を時空間的に閉じ込める事によってサイズの揃った中性クラスタービームの生成に成功した。生成したシリコンクラスタービームを無秩序な薄膜基板上に蒸着し、シリコンクラスター結晶構造 (**cluster lattice structure, CLS**) を自発的に形成させ、自発的な **CLS** 形成過程を観察した。**SCCS** を実用的に利用するためには、生成ビームの大強度化が必要であるため、**SCCS** のスケールアップを行い、初期の **SCCS** 内部で起こっている熱力学的、流体力学的な現象をスケールアップ **SCCS** 内部でも同じように起こす事を確認した。その上で、5分に基板の径 10mm の領域を1層被覆する強度のシリコンクラスタービームの生成を確認した。大強度シリコンクラスタービームの生成によって、自発的にナノ構造材料を将来的に作製するための将来的な見通しを得た。今後さらに基板への蒸着を進めて電氣的、光学的特性を調べる事により、室温での量子効果を発現する新しい材料創生につながると期待されている。

本論文は全体で4章から構成される。

第1章ではクラスターを初めとするナノテクノロジー全般の流れ、従来のクラスター研究の方法、ナノメートルスケールの最近の研究についての解説をしている。これらの背景を考えると、量子効果を発現するクラスターによる新機能性材料開発に向けた、サイズの揃った中性クラスタービームの生成源の必要性、特にシリコンクラスター生成の必要性という課題があげられる。この課題を解決するために、新規なクラスター生成源の開発という本研究のめざす目標を提示した。

第2章では、新しいクラスター生成源の開発と性能評価について、詳細に述べられている。従来法では不可能な、サイズの揃ったクラスターを生成するクラスター源を新たに開発するために、クラスター生成機構についての考察、考察に基づいたクラスター生成源の発案、クラスター源内の熱力学的、流体力学的状態の一次元シミュレーション、新しい時空間閉じ込め型クラスター生成源 **SCCS** の作製について述べられている。さらに、**SCCS** 内でのクラスター成長領域の時空間的閉じ込めを内部の発光観察により確認し、狭いサイズ分布  $\Delta N/N < 5\%$  のシリコンクラスタービームの生成に成功したことについて詳細に述べられている。また、生成したシリコンクラスターをアモルファス炭素薄膜基板上に蒸着し、格子定数 4nm の立方格子形状を持つクラスター結晶構造を自発的に形成させることに成功したこと、及びクラスター結晶構造形成過程の観察結果についての議論を述べられてい

る。

第3章では、開発した SCCS の大強度化について詳細に述べられている。大強度化に向けたクラスター源のスケールアップ、レーザーの違いによる閉じ込め効果への影響、生成源内での時空間閉じ込め現象の観察による流体力学的な詳細解析、基板への蒸着によるスケールアップ SCCS の大強度化評価について説明している。また、SCCS で生成したシリコンクラスターのサイズ計測に必要な質量分析用の 20kV 加速イオンビームコースの製作についても述べられている。

第4章では、全体のまとめ、および、生成したシリコンクラスタービームを用いて将来的に開発が望まれる新機能性材料である単色電子エミッター、単電子トランジスター、薄型蓄電体などについて述べている。また、本研究を実用化により近づけるための研究展開として、蒸着基板分析装置、クラスターサイズ計測装置を用いた研究の予定について述べている。

以上を要するに、本論文は、従来得られなかったサイズの揃ったシリコンクラスターを生成するクラスター源を開発し、基板上に自発的にクラスター結晶構造を形成する事に成功した初めての研究である。このクラスター源を用いて薄膜生成を行うことによって、将来的にナノスケールの新機能性材料開発に寄与すると期待される。

よって本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格であると認められる。