



|              |                                                                                                                                          |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | Studies on Fabrication of Three-Dimensional Micro/Nano Structures in Ionic Liquid Aiming at the Development of New Direct Writing Method |
| Author(s)    | 南本, 大穂                                                                                                                                   |
| Citation     | 大阪大学, 2015, 博士論文                                                                                                                         |
| Version Type | VoR                                                                                                                                      |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.18910/52181">https://doi.org/10.18910/52181</a>                                                              |
| rights       |                                                                                                                                          |
| Note         |                                                                                                                                          |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名 ( 南本 大穂 )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                            |
| 論文題名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Studies on Fabrication of Three-Dimensional Micro/Nano Structures in Ionic Liquid Aiming at the Development of New Direct Writing Method<br>(新規直接描画法の開発を目指したイオン液体中での三次元マイクロ・ナノ構造体作製に関する研究) |
| 論文内容の要旨                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                            |
| <p>本論文は、難揮発性という性質を有する室温イオン液体を、真空装置である量子ビーム描画装置に導入することで新規微細加工法の開発に関する研究成果をまとめたものであり、その内容を要約すると以下のようになる。</p> <p>第1章では、集束イオンビーム描画装置と重合性イオン液体を用いて高分子微細構造体作製を行った結果について報告している。集束イオンビームを用いた場合、従来の固体レジスト材料を用いた微細加工では作製が難しい構造体でも、単純なラスタースキャン方式によるイオンビーム照射で作製可能であるということが分かった。さらには、それらがイオン液体中で形成するメカニズムとして、イオンビームの短い飛程のため、イオン液体真空界面で高分子が析出し、それが基板方向へ成長するという過程を辿ることを見出した。さらには、イオン液体の表面張力によるメニスカス形成によって、膜厚を超えた構造体や突き出し形状の三次元構造体の作製が可能であるという液相反応における特異な点も明らかになった。</p> <p>第2章では、電子線描画装置に重合性イオン液体を導入することで行った高分子微細構造体作製の結果についてまとめている。非常に高い分解能を有する構造体を大面積に一度の照射で作製可能であるということを見出した。加えて、電子がイオン液体中を進む軌跡をモンテカルロシミュレーションにより求め、同時にイオンビーム飛跡も算出することにより、第1章で示したイオンビーム技術との違いを明確化し、それぞれのビームを用いた技術の有用性を提示した。さらには、分解能が照射量に依存するという、構造体作製時に必要となる知見を明らかにしたと同時に、FT-IR等の分析手法により構造体形成時の化学反応についても考察した。</p> <p>第3章では、銀塩を溶解させたイオン液体に電子線をパターンニング照射することによる銀構造体作製技術の確立に取り組んだ結果について記している。前章までの高分子構造体作製技術におけるイオン液体自身が反応する場合と異なり、イオン液体を溶媒として使用した際に見られる特異な挙動を調査し、それを制御することで解像度のよい構造体を作製するための指標を提示することに成功した。さらに、高い放射線耐性を有するイオン液体を溶媒として選択することで、従来法と比較して非常に純度の高い銀構造体を得られることも併せて見出した。加えて本章の構造体作製技術の応用例として、表面増強ラマン散乱基板の作製にも成功し、それによって本技術の更なる可能性を提示した。</p> |                                                                                                                                                                                            |

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 ( 南 本 大 穂 )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |     |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-------|
| 論文審査担当者                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | (職) | 氏 名 |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 主 査 | 教 授 | 桑畑 進  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 副 査 | 教 授 | 今中 信人 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 副 査 | 教 授 | 古澤 孝弘 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 副 査 | 教 授 | 井上 豪  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 副 査 | 教 授 | 林 高史  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 副 査 | 教 授 | 南方 聖司 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 副 査 | 教 授 | 宇山 浩  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 副 査 | 教 授 | 平尾 俊一 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 副 査 | 教 授 | 安藤 陽一 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 副 査 | 教 授 | 町田 憲一 |
| 論文審査の結果の要旨                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |     |       |
| <p>本論文に記載された内容は、イオン液体と量子ビーム描画装置を組み合わせた新規微細加工法の確立を目指したものであり、イオンビームと電子ビームを用いた高分子構造体作製、及び金属構造体作製法についての基礎的知見を与えている。加えて、各量子ビームを用いた構造体作製技術の差異やそれぞれの有用な点について纏めている。主な結果を要約すると以下の通りである。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |     |       |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 集束イオンビーム描画装置と重合性イオン液体を用いて高分子微細構造体作製を行った結果について報告している。その場合、従来の固体レジスト材料を用いた微細加工では作製が難しい構造体でも、単純なラスタースキャン方式によるイオンビーム照射で作製可能であるということを明らかにし、さらにはそれがイオン液体薄膜中で形成するメカニズムを見出した。</li> <li>2. 重合性イオン液体を電子線描画装置に導入することで高分子微細構造体作製を行った結果、非常に高い分解能を有する構造体を大面積に一度の照射で作製可能であるという事実を見出した。加えて、モンテカルロシミュレーションにより、電子とイオンがイオン液体中を進む軌跡を求めることで、イオンビーム技術との違いを明確化し、それぞれのビームを用いた技術の有用性を提示した。</li> <li>3. 銀塩を溶解させたイオン液体に電子線をパターンニング照射することによる銀構造体作製技術の確立に成功した。高分子構造体作製技術におけるイオン液体自身が反応する場合と異なり、イオン液体を溶媒として使用した際に見られる特異な挙動を調査し、それを制御することで解像度のよい構造体を作製するための指標を提示することに成功した。加えて、適切なイオン液体を選択することで、従来法と比較して非常に純度の高い銀構造体を得られることも併せて見出している。</li> </ol> |     |     |       |
| <p>以上のように、本論文は、イオン液体を用いた新規微細加工法の確立に向けた基礎的知見の収集を行うとともに、それぞれの技術における構造体形成メカニズムを明らかにすることで、各技術の有用性について述べている。本研究で得られた知見は、真空技術である微細加工技術に液体を用いるという新たな概念を提唱し、ナノ材料加工の発展に大きく貢献できるものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |     |       |