

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|--|
| 題目(和文) | 表面導電性と凝着力を考慮した微小誘電体の静電マニピュレーション |
| Title(English) | |
| 著者(和文) | 藤原亮 |
| Author(English) | Ryo Fujiwara |
| 出典(和文) | 学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10143号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:齋藤 滋規,京極 啓史,高橋 邦夫,山本 貴富喜,村上 陽一 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10143号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文) | 博士論文 |
| Category(English) | Doctoral Thesis |
| 種別(和文) | 審査の要旨 |
| Type(English) | Exam Summary |

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号 | 甲第 | 号 | 学位申請者氏名 | 藤原 亮 | | |
|-------------|-----|-------|---------|------|-------|-----|
| 論文審査 審査員 | | 氏名 | 職名 | | 氏名 | 職名 |
| | 主査 | 齊藤 滋規 | 准教授 | | 村上 陽一 | 准教授 |
| | 審査員 | 京極 啓史 | 教授 | 審査員 | | |
| | | 高橋 邦夫 | 教授 | | | |
| 山本 貴富喜 | | 准教授 | | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「表面導電性と凝着力を考慮した微小誘電体の静電マニピュレーション」と題し、以下の 5 章よりなる。

第 1 章「序論」では、近年の工学技術の発展に伴い、静電力等を用いたマイクロメートルオーダーの微小物体の搬送、および微小構造物作製技術の確立が求められていることを背景として述べ、静電力を用いた微小物体操作に関する過去の研究を概観し、それらの問題点を明らかにした上で研究の目的を述べている。すなわち、微小誘電体を対象とした静電マニピュレーションのメカニズムを解明し、その信頼性を向上するために、シングルプローブと呼ばれる針状工具先端に矩形パルス電圧を印加するマニピュレーションを対象として、操作対象である微小誘電体粒子の表面導電性と凝着力を考慮した力学モデルを提案し、そのモデルを検証することで、矩形パルス電圧印加による微小誘電体マニピュレーション手法を確立することが本研究の目的であると述べている。

第 2 章「表面導電性と凝着力を考慮した微小誘電体挙動の理論的解析」では、微小物体操作における表面導電性と凝着力を考慮した力学モデルを提案し、表面電流に起因する表面電荷が微小誘電体挙動に及ぼす影響を理論的に解析している。すなわち、プローブ直下の電界中において、ある特定の表面導電性を有する球状微小誘電体粒子に作用する電界勾配力、表面電荷によるクーロン力、重力、および凝着力を比較することで、マイクロメートルオーダーの微小粒子の挙動には表面電荷によるクーロン力と凝着力が支配的であることを明らかにしている。さらに、表面電荷によるクーロン力と凝着力の比較から粒子離脱時のプローブ印加電圧を明らかにし、粒子の表面導電性から表面抵抗が、系の幾何形状から表面キャパシタンスが、これらの抵抗とキャパシタンスの積から表面電荷が誘導される時定数が求められることを明らかにしている。これらの理論解析から、静電マニピュレーションにおける微小誘電体粒子の挙動が推定できることを明らかにしている。

第 3 章「微小誘電体挙動観察と表面電流測定」では、微小誘電体挙動の高時間分解能可視化手法を確立し、これと表面電流計測を組合せることで、表面導電性と凝着力を同時に計測する手法を構築し、第 2 章で提案した微小誘電体の表面導電性と凝着力を考慮したモデルの妥当性を明らかにしている。すなわち、先端が半球状のタンダステン製導体プローブと平滑なステンレス製の導体基板からなるマニピュレーション系を構築し、異なる粒子を対象として、表面導電性と凝着力を同時に計測している。微小誘電体粒子として、ソーダライムガラス粒子、アモルファスシリカ粒子、表面に界面活性剤が附着したポリスチレン粒子、および表面に導電性高分子が積層重合されている PMMA 粒子を対象として、電圧印加方法の異なる一連の実験を行い、微小誘電体粒子離脱時のプローブ印加電圧とプローブ電圧印加開始から粒子離脱に要する時間を用いて表面電荷が誘導される時定数を同定している。同時に、導体基板から流れる電流と印加電圧の関係から、粒子の表面抵抗値も同定している。さらに、第 2 章で提案した力学モデルに基づく有限要素法解析によって、時定数を高い精度で予測できることを明らかにしている。

第 4 章「矩形パルス電圧印加による微小誘電体の静電マニピュレーション」では、静電マニピュレーションにおける矩形パルス電圧印加時の微小誘電体挙動を確率的に予測する手法を提案し、微小誘電体マニピュレーションの成功確率を向上させる方法を開発している。すなわち、微小誘電体の個体差と各計測値に含まれる誤差に起因する不確かさを確率的に考慮することで、静電マニピュレーションの成功確率を表すダイアグラムを矩形パルスの電圧値および時間幅から与える手法を提案し、実験的にこの手法の妥当性を明らかにしている。さらに、得られたダイアグラムを基に、微小誘電体の離脱に要する電圧値維持で徐々に矩形パルス幅の拡大、逆にパルス幅維持で徐々に電圧値の上昇、あるいはこれらの組み合わせとして、高い成功確率の条件を探索できる手法を開発している。

第 5 章「結論」では、各章で得られた結論を総括し、本研究の今後の展望を述べている。

以上を要するに、本論文は、静電マニピュレーション手法に関して、微小誘電体の表面導電性と凝着力を考慮した力学モデルを提案し、その有効性を明らかにすることで矩形パルス電圧印加による微小誘電体静電マニピュレーションの確立に寄与したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。