T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	機械宇宙システム　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士　（　工学　） Doctor of
学生氏名： Student's Name	藤原　亮	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	齊藤　滋規
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	京極　啓史

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

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グ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付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論的に考慮することで，静電マニピュ―レ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．

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（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。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	機械宇宙システム　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	藤原　亮	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	齊藤　滋規
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	京極　啓史

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

A micro-manipulation technique is in high demand because of recent development of engineering technology. In this study, the electrostatic method using a single probe is focused. The manipulation system consists of three elements: a conductive probe as a manipulator, a conductive plate as a substrate, and a micro-dielectric particle as the target object for manipulation. The objective of the present study is to clarify the mechanism and improve the reliability of electrostatic manipulation of a micro-dielectric particle using a single probe. A model considering surface conductivity and adhesional force is proposed. Detachment voltage, the voltage to detach a micro-dielectric particle, is evaluated by comparing the Coulomb force due to surface charge and adhesinal force. Time constant for the surface charge induction is obtained from the multiplication of surface resistance and surface capacitance that are evaluated respectively by surface conductivity and geometry of the system. The theoretical analysis clarify that the model is able to predict a dielectric-micro particle's behavior and surface current. To identify the specifications of the theoretical model, an experimental setting of the electrostatic manipulation is configured. A tungsten wire with hemispherical tip is employed as the probe. A flat stainless-steel plate is employed as the substrate plate. Four kinds of particles are used: amorphous silica particle, soda-lime glass particle, polymethyl methacrylate particle coated by conductive polymer, and polystyrene particle coated by surfactant. The detachment voltage and the time constant are obtained from the experimental measurments. Moreover, the surface resistance and the surface capacitance are individually obtained from the experimental measurement and the numerical analysis. These results clarify that the model is valid, and the specifications are identified from the measurements of mechanical and electric behavior of the particle. On the basis of the model and the variances of the specifications, success probability of the electrostatic manipulation is obtained, and it is compared to the result of manipulation experiment of the particle by applying a rectangular pulse voltage. This comparison clarify that the model predicts the behavior of the particle, and provides the effective methodology for the electrostatic manipulation.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（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。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).