

## 審査の結果の要旨

氏名 アルチンタシ エリスイン

本論文は「MICROMACHINED BROWNIAN MOTORS: UNIDIRECTIONAL ACTUATION OF NANOPARTICLES BY RECTIFIED BROWNIAN MOTION (マイクロマシンで作るブラウンモータ：ブラウン運動の整流によるナノ粒子の一方向駆動)」と題して英文で書かれており、7章と付録からなる。ミクロンサイズの多相電極と流路をマイクロマシン技術で作製し、流路内の液体中でブラウン運動する粒子に対し時間・空間的に変化する電界を加えることで、ランダムな熱運動を一方向に整流するデバイスについて述べている。

第1章は序論であり、本研究の研究背景を述べている。ナノ領域で働くアクチュエータは、雰囲気流体の熱振動による大きな擾乱を受ける。生体分子モータがブラウン運動の助けを借りて、少ないエネルギーで動くとの報告を手がかりに、ブラウン運動とそれを制御する微弱な電界で、ナノ粒子を一方向に運ぶデバイスを提案し、本論文の目的と研究の意義を提示している。

第2章は、ブラウン運動とそれを利用した駆動デバイスについて、研究の歴史とデバイスの例を述べている。また生体分子モータにも言及している。

第3章は、ナノ領域で粒子の動きを引き起こしうる様々の現象を列記し、本研究で対象とする構造や寸法でどの程度の駆動力となるか考察している。結論として、電極に電圧を加えた時に粒子に働く誘電泳動力のみが、駆動力として支配的となる条件を実現可能であると結論づけている。

第4章は、提案した駆動方式が実現可能なことを、簡単なデバイスを用いた試験で確認した結果を述べている。微小な流路にナノ粒子を含む液体を閉じ込めることで、三次元的なブラウン運動を一次元的動きに制限できた。さらに印可電圧を徐々に上げていくと、ほぼランダムなブラウン運動をする動作領域から、ブラウン運動の助けを借りて粒子の輸送ができる領域を経て、静電力で直接粒子を引きつける静電駆動領域に移行することを確認した。

第5章は、ブラウン運動の整流に関するシミュレーションを扱っている。ブラウン運動と粒子に働く誘電泳動力とをモデル化し、確率的なシミュレーションを行った。印可電圧の大きさと切り替え速度、電極寸法、流体の粘性、粒子の大きさなどに対する駆動速度の依存性を明らかにした。また、ランダム運動

から、整流したランダム運動、最後に誘電泳動力による直接駆動までの動作モードの移り変わりを、電界の強さと関連づけて解釈することができた。

第 6 章では、33 本の電極を持つ第二世代のデバイスでの実験結果を述べている。印可電圧の切り替え速度、電極間隔、流体の粘性による駆動特性の変化を調べた。0.25 V, 1 MHz の交流電圧を、16 秒おきに次の相に切り替えることで、最大輸送速度 60 nm/s を得た。実験で求めた電圧切り替え速度と輸送速度の対応関係が、シミュレーションの予測と良く一致した。

第 7 章は結論であり、本論文で得た成果をまとめ、その意義を論ずるとともに、今後の研究の進むべき方向を述べている。

以上これを要するに、本論文は、マイクロサイズの多相電極と流路をマイクロマシン技術で作成し、流路内の液体中でブラウン運動する粒子に対し、一定時間毎に一定距離だけシフトする電界を加えることで、ランダムな熱運動を一方方向に整流し粒子を駆動する方式を提案して、製作したデバイスで原理を確認するとともに、実験とシミュレーションで種々の駆動条件と粒子移動速度との関連を明らかにし、静電力での直接駆動に比べて弱い電界で粒子を移動できることを示したもので、電気工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。