

～目次～

第1章 序論	…5
1.1 研究背景	…5
1.2 EDT 実験の歴史	…5
1.3 ベアテザー	…6
1.4 軌道上におけるベアテザー	…8
1.5 研究目的	…10
第2章 研究手法	…11
2.1 計算機シミュレーション	…11
2.1.1 MC-PIC 法	…11
2.1.2 類似の研究紹介	…12
2.2 地上実験	…14
2.2.1 実験システム概要	…14
2.2.2 ベアテザーサンプル	…18
2.2.3 類似の研究紹介	…24
第3章 PIC 法によるベアテザーの電子収集シミュレーション	…25
3.1 九州工業大学のこれまでのベアテザー研究	…25
3.2 PIC シミュレーションコードの検証	…26
3.2.1 Xe 断面積データの検証	…26
3.2.2 地上実験模擬シミュレーション	…29
3.3 LEO 環境における異常収集発生閾値の探索	…31
3.3.1 シミュレーション条件	…31
3.3.2 シミュレーション結果と考察	…32
第4章 電流収集中のベアテザーの温度上昇に関する実験と考察	…36
4.1 ベアテザーの温度上昇問題	…36
4.2 実験方法・実験サンプル・実験環境	…36
4.3 実験結果	…38
4.4 ベアテザー熱モデルの検討・考察	…39

第5章 各種ベアテザーのプラズマ環境下での性能評価 …44

- 5.1 正バイアス試験 …44
 - 5.1.1 各種ベアテザーの電流収集性能の比較 …44
 - 5.1.2 低・高圧環境での電流収集特性の比較 …46
 - 5.1.3 電流収集中ベアテザーの分光測定 …48
 - 5.1.4 電流収集中ベアテザーの脱ガス測定 …52
- 5.2 各種ベアテザーの負バイアス試験 …55
 - 5.2.1 試験サンプル …55
 - 5.2.2 試験結果と考察 …57
- 5.3 テープテザー試験 …63
 - 5.3.1 観測ロケットテザー実験 …63
 - 5.3.2 試験サンプル …64
 - 5.3.3 正バイアス試験 …65
 - 5.3.4 負バイアス試験 …69
 - 5.3.5 考察 …73

第6章 結論 …77

- 6.1 総括 …77
- 6.2 今後の課題 …79

参考文献

謝辞

付録

- A: シミュレーション インputパラメータの解説
- B: 正バイアス試験用 LabView VI 解説
- C: テザー熱解析モデル コード解説

本論文中で使用する記号の一覧

A	テザー断面積, m^2 , ($= \pi r_{tether}^2$)
B	磁場の強さ, T
C_{ext}	外部容量, F
C_v	比熱容量, J/(K \cdot kg)
j_{tether}	単位面積あたりの電流密度, A/m ²
i_{tether}	単位長さあたりの電流密度, A/m
d	ドリフト距離, m
e	素電荷 = 1.60×10^{-19} C
E	電界, V/m
I_{tether}	テザー電流, A
k	熱伝導率, W/(m \cdot K)
L	テザー長, m
m_e	電子の質量 = 9.11×10^{-31} kg
m_i	二次イオンの質量, kg
N_0	初期注入電子数
N	極板の収集電子数
n_e	電子密度, m ⁻³
n_i	イオン密度, m ⁻³
n_{sc}	閾値中性ガス密度, m ⁻³
n_{Xe}	Xe 中性ガス密度, m ⁻³
Q_i	電子衝突による熱流入, W
Q_r	放射による熱流出, W
Q_x	熱伝導による熱流入, W
Q_{x+dx}	熱伝導による熱流出, W
r_s	シース半径, m
r_{tether}	テザー半径, m
T_e	電子温度, eV
T_{tether}	テザーの温度, K
t	時間, sec
V_{EMF}	誘導起電力, V
W	エネルギー, J
v	軌道速度, m/s
v_e	電子の熱速度, m/s
α	電離係数
ϵ	放射率
ϵ_0	真空の誘電率 = 8.85×10^{-12} F/m
Δt	タイムステップ, sec
ΔV_{EMF}	単位長さあたりの誘導起電力, V/m
κ	ボルツマン定数 = 1.38×10^{-23} kg \cdot m ² \cdot K ⁻¹ \cdot s ⁻²

λ_D	デバイ長, m
ϕ_{ether}	テザー電位, V
ϕ	空間電位, V
ρ	質量密度, kg/m ³
σ	ステファンボルツマン係数 = 5.67×10^{-8} W/(m ² K ⁴)
σ_{Xe}	Xe の衝突断面積, m ²
σ_i	電離断面積, m ²
τ	衝突周期, sec