

修士論文

沿面放電電流を模擬した持続放電試験に関する研究

Research of sustained arc test and simulated flashover current

担当教官：豊田 和弘 准教授

提出日：2012年2月16日

学籍番号：10349524

氏名：鈴木 智理

目次		
第 1 章	序論	… 1
1.1	人工衛星開発の背景	… 1
1.2	人工衛星の放電事故	… 2
1.3	宇宙環境の特徴	… 3
1.4	宇宙用太陽電池	… 4
1.5	宇宙機の帯電放電現象	… 5
1.6	一次放電と二次放電	… 9
1.7	研究動向	… 12
	1.7.1 JAXA(Japan)	… 12
	1.7.2 ONERA/CNES	… 18
	1.7.3 NASA(America)	… 23
1.8	研究目的	… 28
第 2 章	実験装置	… 29
2.1	宇宙環境模擬チャンバー	… 29
	2.1.1 静止軌道環境模擬チャンバー(GEO)	… 29
	2.1.2 極軌道環境模擬チャンバー(PEO)	… 31
	2.1.3 高速 16ch オシロスコープ	… 32
	2.1.4 画像取得プログラム Quick Look	… 34
	2.1.5 Keyence	… 36
	2.1.6 表面電位計	… 37
	2.1.7 持続試験ボックス	… 38
2.2	JAXA(相模原キャンパス)の試験装置	… 40
	2.2.1 実験システム	… 40
第 3 章	実験(JAXA)	… 43
3.1	試験概要と目的	… 43
3.2	試験サンプル	… 43
3.3	試験システム	… 44
3.4	試験回路	… 45
3.5	試験フロー	… 46
3.6	試験結果及び考察	… 47
	3.6.1 放電位置統計結果	… 47
	3.6.2 放電画像・放電波形	… 47
	3.6.3 帯電・放電計測(表面電位計)	… 49

	3.6.4	放電前後の乖離電圧と伝搬距離	…52
	3.6.5	放電前後の放電プラズマの到達距離	…53
	3.6.6	表面電位から得た放電プラズマの推移	…55
第4章		電流波形模擬	…58
	4.1	概要	…58
	4.2	模擬波形算出方法	…58
	4.3	パネル間隔を考慮した模擬波形	…66
	4.4	放電プラズマが楕円に伝搬した場合	…68
	4.5	模擬波形の立ち上がり時間	…70
第5章		コンデンサのモデリング・プラズマ抵抗算出試験	…72
	5.1	概要	…72
	5.2	プラズマ抵抗	…72
	5.3	プラズマ抵抗測定試験	…73
	5.4	試験サンプル	…73
	5.5	試験システム	…74
	5.6	プラズマ抵抗計測回路	…75
	5.7	試験結果	…77
	5.7.1	距離 5cm の場合	…78
	5.7.2	距離 10cm の場合	…79
	5.7.3	距離 15cm の場合	…79
	5.9	考察	…81
第6章		リングクーポン放電試験	…82
	6.1	概要	…82
	6.2	リングクーポン(模擬クーポン)	…83
	6.3	リングクーポン試験回路	…85
	6.4	試験結果	…88
	6.5	表面電位計測	…90
	6.6	乖離電圧の変動によるプラズマ抵抗	…92
	6.7	プラズマ抵抗と伝搬距離の関連性	…98
	6.8	放電前後の乖離電圧と中和率	…101
第7章		沿面放電電流経路を模擬した持続放電試験	…106
	7.1	概要	…106

7.2	試験サンプル	…107
7.3	Basic MOSFOCUS	…108
7.4	Basic MOS 動作確認試験	…110
	7.4.1 試験回路・システム	…110
	7.4.2 試験結果	…111
7.5	二次放電試験(Basic MOS)	…113
	7.5.1 試験概要、試験システム、試験回路	…113
	7.5.2 試験ケース、試験環境	…115
	7.5.3 放電画像、電流波形	…115
7.6	二次放電試験(LCR 回路)	…117
	7.6.1 試験セットアップ	…117
	7.6.2 LCR 回路による沿面放電電流模擬	…119
	7.6.3 試験ケースと結果	…120
	7.6.4 試験結果	…120
	7.6.5 試験考察	…124
	7.6.6 総括	…125
7.7	二次放電試験(ピーク電流検証)	…126
	7.7.1 概要	…126
	7.7.2 LCR 回路	…126
	7.7.3 試験ケースと試験結果	…126
	7.7.4 試験結果	…127
	7.7.5 比較試験	…130
	7.7.6 考察	…132
7.8	二次放電試験(パルス幅延長)	…133
	7.8.1 概要	…133
	7.8.2 試験ケースと結果	…134
	7.8.3 試験結果	…134
	7.8.4 沿面放電を Basic IGBT で模擬した 二次放電試験	…136
7.9	二次放電試験(最悪条件・電極変化)	…141
	7.9.1 概要	…141
	7.9.2 LCR 回路	…141
	7.9.3 試験ケースと結果	…143
	7.9.4 試験結果	…143
	7.9.5 比較試験	…147
7.10	二次放電試験まとめ	…149

第 8 章	総括と今後の予定	・・・	151
8.1	総括	・・・	151
8.2	今後の予定	・・・	152
	参考文献	・・・	153
	研究業績	・・・	154
	謝辞	・・・	155
	付録	・・・	156