

Abstract of Thesis

221A3108 Suguru HIRASHIMA

宇宙機の帯電・放電は機器故障の要因となり、太陽電池周辺ではトリプルジャンクションでの電界集中により放電が生じ得る。そこで本研究では、空気中で劣化しやすい MgO に代わる材料として MgF₂に着目し、MgF₂コーティング ELF の作製と評価を行った。CFRP、CNT-PI、CNT 単体基板に対し PLD 法で MgF₂薄膜を形成し、蒸着条件を変えながら堆積挙動 (QCM) と蒸着源ダメージを確認した結果、成膜には閾値的条件が存在する可能性が示唆された。作製試料の性能試験 (UV・電子ビーム) では、CNT-PI で電子放出の安定性向上が確認された一方、CFRP では過剰成膜により性能が低下する可能性が示された。また CNT 単体基板では、バイアス印加のみで電子放出が生じる可能性が示唆された。XRD では MgF₂に整合するピークを確認したが、結晶性には改善の余地が残った。

Spacecraft charging and discharging can lead to equipment failures; near solar cells, discharges may be triggered by electric-field concentration at triple junctions. This study therefore focused on MgF₂ as an alternative to MgO, which is prone to degradation in air, and investigated the fabrication and evaluation of MgF₂-coated electron-emitting films (ELFs).

MgF₂ thin films were deposited by pulsed laser deposition (PLD) on CFRP, CNT-polyimide (CNT-PI), and CNT-only substrates. By varying deposition conditions, target damage and deposition behavior monitored with a quartz crystal microbalance (QCM) suggested the presence of a threshold-like condition for film formation. Performance tests under UV and electron-beam irradiation showed improved emission stability on CNT-PI, whereas excessive deposition on CFRP may reduce performance. For CNT-only substrates, electron emission may occur with bias application alone. X-ray diffraction (XRD) confirmed peaks consistent with MgF₂, although further improvement in crystallinity is required.

内容

第1章 序論.....	4
1.1 研究背景.....	4
1.2 研究目的.....	5
第2章 理論的背景.....	6
2.1 ELFの動作原理と帯電緩和機構.....	6
2.2 コーティング材料としてのMgF ₂	7
2.3 基板材料.....	8
2.3.1 CFRP基板.....	8
2.3.2 CNT-ポリアイミド複合基板(CNT-pi).....	9
2.3.3 CNT単体基板.....	10
第3章 実験方法.....	11
3.1 実験概要.....	11
3.2 MgF ₂ コーティング作製、蒸着源のダメージ確認.....	11
3.2.1 PLD法の概要.....	11
3.2.2 蒸着源MgF ₂	12
3.2.3 PLD実験装置構成.....	13
3.2.4 レーザー条件の設計.....	16
3.2.5 実験方法、レーザー強度及びパルス数.....	16
3.3 ELF性能試験：帯電・電子放出評価.....	19
3.3.1 ELF性能試験の実験装置構成.....	19
3.3.2 性能試験内容.....	25
3.4 X線回折(XRD)による測定.....	26
第4章 実験結果.....	27
4.1 MgF ₂ 薄膜作製結果.....	27
4.1.1 成膜条件と成膜状態.....	27
4.1.1 蒸着源消耗・貫通の挙動.....	27
4.2 ELF性能試験結果.....	31
4.2.1 CFRP.....	32
4.2.2 CNT-ポリアイミド基板.....	35
4.2.3 CNT単体基板(コーティングあり).....	38
4.2.4 CNT単体基板(コーティングなし).....	41

4.3	XRD による構造評価結果.....	44
4.3.1	PLD 法による MgF ₂ コーティング.....	44
4.3.2	真空蒸着法による MgF ₂ コーティング.....	46
4.3.3	回折ピーク.....	46
第5章	考察.....	47
5.1	PLD 法による蒸着.....	47
5.1.1	蒸着源ダメージとアブレーション閾値の存在.....	47
5.1.2	設計深さより深く削れる要因：ガウシアン分布と多パルス効果.....	48
5.1.3	アブレーション体積の確認.....	50
5.2	ELF 性能試験.....	51
5.2.1	MgF ₂ コーティングによる ELF 性能変化：CNT-PI と CFRP の差.....	51
5.2.2	CNT 単体基板：バイアスのみでの電位上昇（最悪環境試験）.....	53
5.3	XRD 評価：格子定数と結晶性.....	56
第6章	結論.....	58
第7章	謝辞.....	59
第8章	参考文献.....	59