

ジオスペース探査衛星 (ERG)に搭載される熱制御材の帯電特性評価

柴野靖子, 浅村和史, 小川博之(JAXA)

1. はじめに

現在開発中のジオスペース探査衛星 ERG は高度約 300 km~30000 km の軌道において, 宇宙嵐に伴うジオスペースの大変動とそれに伴う相対論的粒子生成・消失の物理プロセスを探ることを目的としている. その目的を達成するために放射線帯において広いエネルギー範囲の粒子と広帯域の電磁場・波動観測を行う. ERG の軌道は Van Allen 帯を通過するため, 厳しい放射線環境に耐えうる設計を行う必要があり, 熱制御材では耐放射線材料を選択することが要求される. また, 幅広いエネルギー帯で測定を行うため, 宇宙空間に露出する衛星表面構成材料は $10^8 \Omega / \text{cm}^2$ 以下の表面抵抗値が要求される. そこで, 衛星表面を覆う熱制御材の帯電特性としては, 1V 以下に抑える必要がある. 上記の要求を満たすためにミッション部の放熱面は放射線耐性のある OSR を選択した. その貼り付けのため, グレーの導電性接着剤を用いて OSR を貼り付けた. OSR 表面は導電性の ITO コートがなされているが, グレーの導電性接着剤露出部分についてもその表面電位が規定値以内に収まっているか確認を行う. 帯電特性は電子照射試験を行うことによる材料表面の帯電特性を測定し, ミッション要求に対する充足状況を確認する. また, 規定値を満たさないことが判明した場合, 対策案の検討とその確認試験を行い, FM パネルの対策方法・作業方法を確立する.

2. 実験方法

2.1 サンプル

試験サンプルは, ハニカムパネルを模擬したアルミ板にグレーの導電性接着剤を用い

て OSR を貼付けて作成した. OSR は ERG ミッション部の放熱面と同様の間隔に配置している. また, 施工方法についても実際の貼付け方法と同等の方法で行った (サンプルを Fig. 1 に示す). アルミ板の表面をやすり掛け, プライマー塗布 (アルミプレートのみ), OSR 貼付, クリーニングの順で作業を実施している.

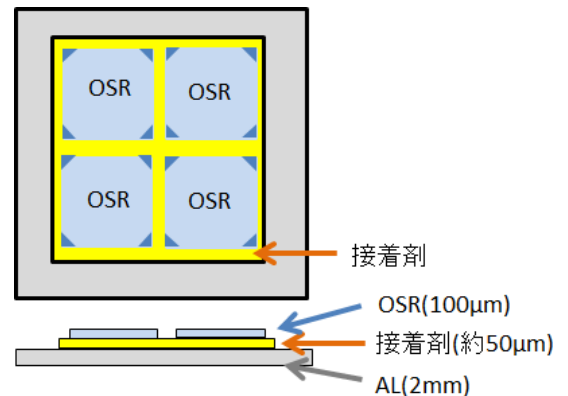
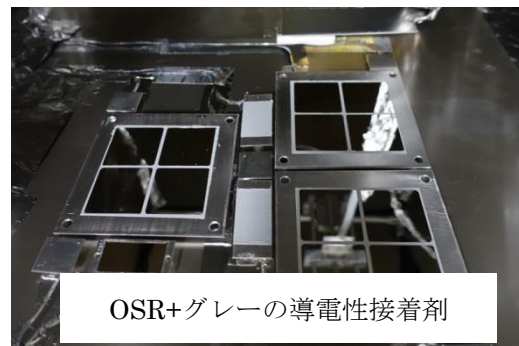


Fig. 1 試験サンプル

2.2 実験装置

試験は電子銃が取り付けられている D 棟中型チャンバーを用いて実施する. 試験環境は真空 ($10^3 \sim 4 \text{Pa}$), 常温で実施する. ERG 軌道で予測される電子フラックスにてサンプルに電子線を照射する. 照射する電子のエネルギーは 15keV に設定するが, アルミ薄膜を通過させて角度拡散させるため, 0.5keV 程度のエネ

ルギーロスがある。また、照射電子ビームの均一性を確認するためサンプルの周囲にアルミ片を設置し、流入電流を計測することで照射ビーム分布を取得した。その結果、電子電流密度は $2\text{nA}/\text{cm}^2$ 程度でありサンプルを置いたエリアがほぼ均一の電流密度であることを確かめた。その条件で約1分間程度以上サンプルに照射している。帯電測定は約1分間の電子線照射後、接着剤上部へ表面電位計を移動させ、OSR 上部とグレーの導電性接着剤上部の表面電位を測定する。実験の Set up を Fig. 2 に示す。



Fig. 2 試験 Set up

3. 実験結果

表面電位を測定したところ、OSR 上ではほとんど帯電はみられなかったが、グレーの導電性接着剤上部は規定値以上の値に帯電することが明らかになった。ただし、OSR の4か所のカード部についても1000V程度に帯電してしまうことが明らかになった。この領域はOSR にITO を蒸着する際に使用する治具によるものである。測定結果はFig. 3に示す。

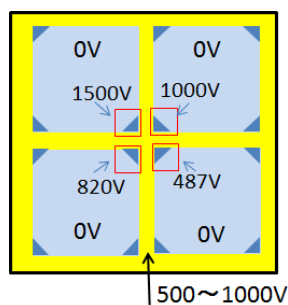


Fig. 3 測定結果

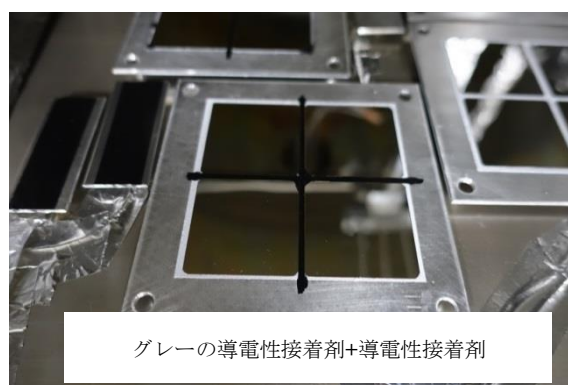
4. 対策

4.1 対策方法の検討

グレーの導電性接着剤を用いたOSRの貼り付けについて、OSR 部分では問題ないが接着剤が露出している領域は導電性材料で覆う必要があることが明らかになった。対処方法としてグレーの導電性接着剤の上に異なる導電性接着剤を重ねる方法を検討した。また実際に施工する手順の確立も目指す。

4.2 サンプル

グレーの導電性接着剤にてITO付きOSRを貼付けた後、その上に導電性接着剤を重ねて塗布した。この際、OSR との隙間をカバーするためOSRに重なるように導電性接着剤を塗布する(Fig. 4)。また、グレーの導電性接着材を削り取ったサンプルとそのままのサンプルを作成し、重ねる層の変化についても評価した。導電性接着剤の特徴としてプライマーを用いない場合には剥がれやすい性質を持つため、導電性接着剤塗布の前にはプライマーをグレーの導電性接着剤上、OSR 上に塗布した。塗布の際、OSR 表面に接着剤などが意図せず付着しないようマスキングテープ



にてOSR を覆う処置をしている。

Fig. 4 グレーの導電性接着剤の上に導電性接着剤を塗布したサンプル

4.3 試験方法

試験方法は2.2に記した方法と同様の方法

で試験を実施した。

4.4 結果

グレーの導電性接着剤部分の上に導電性接着剤を重ねた箇所について、ほとんどの部分が帯電しないことが明らかになった。また、導電性接着剤に覆われた下のグレーの導電性接着剤の状態に影響されないことが明らかになった。ただし局所的に高い電位が観測される箇所が見られた。導電性接着剤の塗り方(厚みなど)が原因である可能性もあるが、作業上の問題(テープの粘着剤の残り、プライマーのはみだしなど)も考えられる。

そこで、マスキングテープの変更、接着剤の残りやクリーニングの方法の検討、プライマー単体での測定等を実施した。その結果、マスキングテープの粘着剤の変更、RTV 塗布手順の見直しを実施し、さらに作業者による作業上のリスクなども考慮してサンプルの製造、帯電測定を繰り返し行った。その結果、帯電電位が低減され、施工方法の確立だけでなく、作業者のスキル習得、作業内容確認にもつながった。

また、OSR の四隅についても合わせて処置を行い、ミッション部放熱面における帯電の影響を軽減した。

5. まとめ

ITO 付き OSR をグレーの導電性接着剤で貼り付けた場合、それが宇宙空間に単体で露出する部分について電気特性が規定値内に収まらないことが明らかになった。このままではミッション観測に影響を与える恐れがあるため、改善方法及び施工手順の検討・サンプル作成、帯電試験による評価を実施した。その結果、異なる種類の導電性接着剤を上を重ねることで帯電することを防止できることが明らかになった。またその導電性接着剤

を施工する方法を確立した。また、OSR カドについても、その影響が無視できないことが明らかになったため、ミッション部への対策はもちろん、バス部放熱面についても対応することができた。これらの対策により、軌道上で問題なく低エネルギー粒子の測定をできることが期待される。