

修士論文概要

Summary of Master's Thesis

Date of submission: 1/12/2018

専攻名 (専門分野) Department	機械科学	氏名 Name	橋目 秀亮	指導 教員 Advisor	川本 広行 印 Seal
研究指導名 Research guidance	精密工学研究	学籍番号 Student ID number	CD 5116C083-8		
研究題目 Title	光学機器に堆積するルナダストの進行波電界を利用したクリーニング機構				

1. 研究背景

現在、月面探査に関する研究開発が世界中で行われているが、ルナダストと呼ばれる微小な粒子が探査機器に堆積し、探査活動に障害を与える問題がある。そこで我々は進行波電界と呼ばれる静電力を用いた手法により粒子を除去する機構の開発を行ってきた。本研究では月面環境における本除去機構の高性能化を目標に定め、振動や絶縁材による除去性能への影響を調査した。また月面環境のような、高真空かつ高温環境の影響についても解析と実験による調査を行い、本機構の月面環境での性能を検討した。

2. 実験装置

進行波電界による粒子除去機構の概略図を図1に示す。本機構は基板上的の縞状電極に位相を $\pi/2$ ずつずらした4相の方形波を出力することで、進行波電界と呼ばれる一方方向に進行する不平等電界を形成する。帯電した粒子はクーロン力や誘電泳動力により電極に付着しているが、電極の切り替えに応じて斥力により飛翔し、隣の電極へと引き寄せられる。この現象が繰り返されることにより粒子は基板の外側へ搬送され、除去される。この基板は、光透過性を持たせるためガラスと透明電極で構成されている。本基板上に搬送粒子として月模擬砂 FJS-1 を配置し、実験を行った。

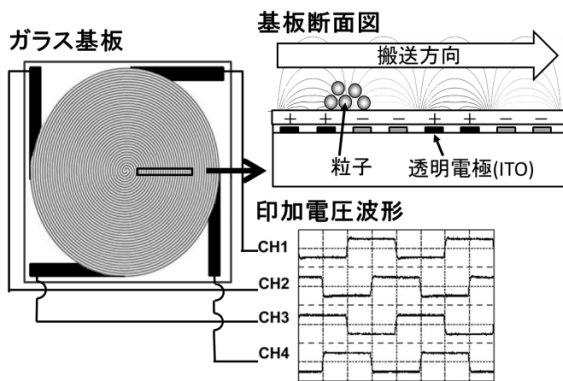


図1 実験装置概略図

3. 真空中の粒子除去性能

本機構は最適な印加電圧、印加周波数を入力することで大気環境において8割以上の高い除去性能を示すことが分かっているが、実際の月面環境では 10^{-6} Paの低気圧環境での使用が求められる。そこで 10^{-2} Pa~大気圧までの範囲において除去実験を行い、気圧と除去性能の関係を調査した。結果を図1に示す。図1より10 Pa付近で最も高い除去性能が得られるが、 10^{-2} Paでは性能が低下し8割程度の性能となることがわかる。これは気圧が低下していく過程で粒子が一部除電されることが原因であると考えられる。また残留粒子を調査すると、除去率が同程度である大気環境の粒子と比べ大粒径粒子が多く存在し、逆に粒子総数が少ないことが分かった。以上より高真空環境においても本機構は8割程度の高い除去性能を維持できるが、残留する大粒径粒子を除去することでさらなる性能の向上が見込めることが分かった。

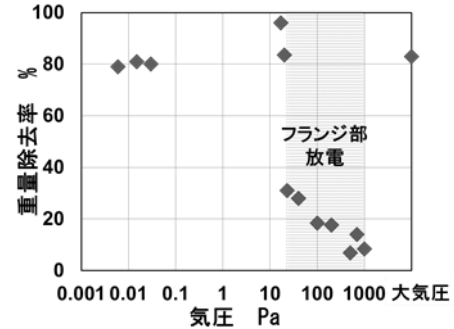


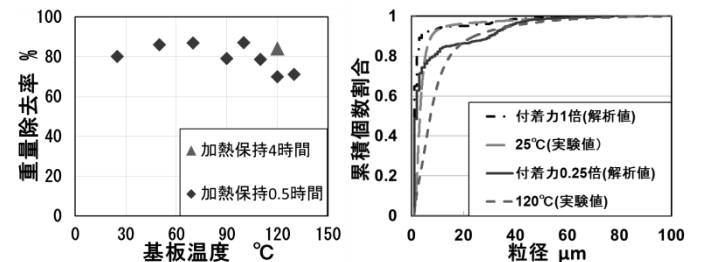
図2 気圧と除去性能の関係

4. 高真空中での温度特性

月面環境は低気圧環境に加え、地表温度が 120°C 程度にまで上昇する。そのような環境において、本機構が十分に性能を発揮できるかを調査するため、 10^{-2} Paの環境において基板温度を変化させ、除去性能を測定した。結果を図3(a)に示す。図より加熱時間が0.5時間の場合 100°C 程度までは除去率がほぼ一定だが、 120°C では約1割程度低下し、同時に粒度分布も変化することが分かった。この現象について、個別要素法を用いた数値解析により原因の推定を行った。粒子の運動方程式は式(1)で表される。このとき、 F_q :クーロン力、 F_{dipole} :誘電泳動力、 $F_{adhesion}$:付着力、 F_{air} :空気抵抗力、 F_g :重力である。

$$F = F_q + F_{dipole} + F_{adhesion} + F_{air} + F_g \quad (1)$$

25°C 、 120°C における残留粒子の個数粒度分布について実験値、また解析値を図3(b)に示す。実験値では 120°C になると除去率の低下とともに $10\ \mu\text{m}$ 以下の小粒径粒子の割合が減少しているが、これは粒子の帯電量、また付着力が通常の場合よりも減少した場合の解析値に一致する。従って実際の実験においても同様の現象が発生していることが考えられる。しかし図3(a)のように加熱保持時間を長くしてから実験を行うと、 120°C の環境でも8割程度の除去性能を維持することが分かった。そのため加熱による除去性能の低下は一時的なものであり、長期間の使用において本機構は十分に性能が発揮できると推測できる。



(a) 基板温度と除去性能の関係 (b) 基板温度と粒度分布の関係
図3 高真空かつ高温環境における除去性能

発表論文

橋目, 尤, 川本, 光学機器に堆積するルナダストの進行波電界を利用したクリーニング機構, SEAD29 (2017) p.543-546.