

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03611

研究課題名（和文）衛星に搭載可能な無電源 真空ポンプの開発：EUV波長領域での全天走査を目指す

研究課題名（英文）Development of a Power-Free Vacuum Pump for spacecraft: All-Sky Scanning in the EUV Wavelength Region

研究代表者

吉川 一郎 (Ichiro, Yoshikawa)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：10311169

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：受光面に潮解性光電物質を塗布することが紫外線観測では常套であるが、飛翔体に搭載可能な無電源吸着ポンプも必要である。ジルコニウム合金を使い、無電源吸着ポンプを試作し、その排気速度を測定した。ターボ分子ポンプでは排気が困難である水素ガスに対しても、100リットル/秒以上の排気能力を有し、真空容器をターボ分子ポンプを使い 8×10^{-5} [Pa]まで真空引きした後、無電源吸着ポンプだけで真空を保持する。試験開始の直後から10日間では、 5×10^{-5} [Pa]から 1×10^{-4} [Pa]まで真空度は低下したが、無電源試作ポンプの性能は確認することができた。この後もこの割合で徐々に真空度が低下すると期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

常時電源を必要としないしつかつ容器内に残留した水素ガスをも排気できる真空ポンプは、宇宙分野に限らず利用価値のある製品である。材料の表面を清潔に保たなければならない用途、残留ガスの圧力を下げなければならない用途など、応用範囲が広い技術であろう。

研究成果の概要（英文）：Applying deliquescent and photoelectric material to the detector surface is a common practice in UV observation in space, but we need a power-free adsorption pump that can be boarded on spacecraft. A prototype of a power-free adsorption pump was made using zirconium alloy, and its vacuuming speed was measured. The pump demonstrated an exhaust capacity of over 100 liters/second for hydrogen gas, which is difficult to vacuum with a turbomolecular pump. After evacuating the vacuum chamber to 8×10^{-5} [Pa] using a turbomolecular pump, the vacuum was maintained solely with the power-free adsorption pump. In the ten days following the start of the test, the vacuum level dropped from 5×10^{-5} [Pa] to 1×10^{-4} [Pa], confirming the performance of the prototype power-free pump. It is expected that the vacuum level will gradually decrease at this rate in the future.

研究分野：惑星科学

キーワード：人工衛星開発の減圧装置 グランドサポートイクイップメント ジルコニウム合金 ゲッター 大気吸着 残留ガ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

科学観測機をいかにしてベストに近い状態に維持し、宇宙空間から観測を行なうかは飛翔体搭載観測機を開発する研究者が常に考えることである。性能が高いデバイスを開発することは、その性能を維持する仕組みも平行して考えねばならない。高感度な紫外線検出器を必要とする場合、受光面に潮解性のある光電物質を塗布することが常套である。この方法を用いれば、紫外線に対する検出感度が1桁ほど向上するが、同時に大気に暴露するとその効力は損なわれる。高感度紫外線光検出器を、ベストな状態で宇宙に打ち上げるために、提案チームはこれまで20年の間、人的・物的資源を相当量投入して対応してきた。具体的には、飛翔体を打ち上げる日時ぎりぎりまで排気装置を飛翔体のそばに置き、真空引きを行うことを実行してきた。そのため、衛星の打ち上げ作業全体の遅れや衛星のインテグレーション費用の増大を招いてきた。この相当量の資源投入を回避し、さらに衛星インテグレーション作業中の煩わしさを軽減する必要がある。

2. 研究の目的

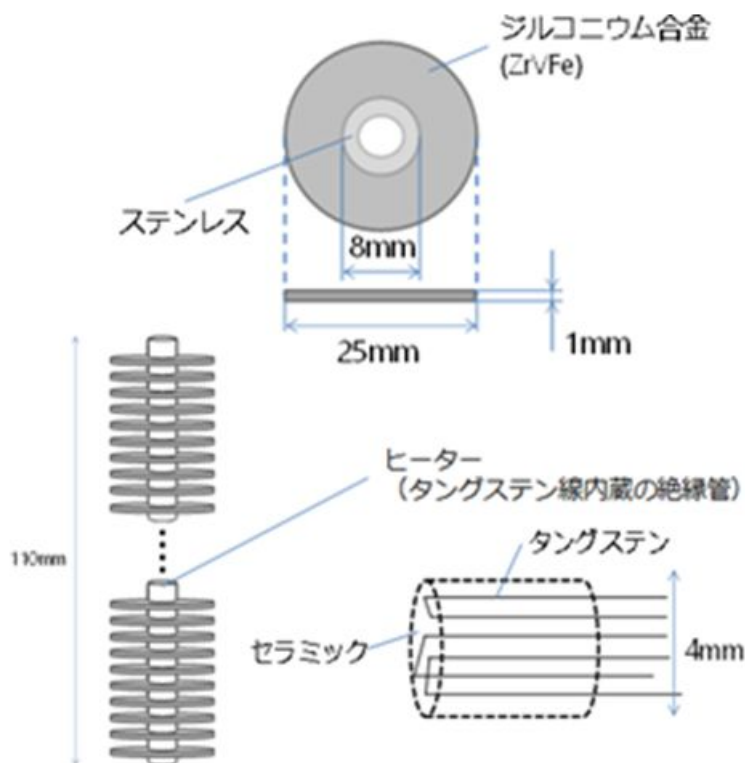
常時電源を必要としない飛翔体に搭載可能な無電源吸着ポンプを開発する。具体的には、 1000cm^3 程度の容積を3か月の間 10^{-2}Pa 以下の圧力に保つデバイスを完成させる。

3. 研究の方法

吸着物質(外径25mm、厚さ1mm)からできたジルコニウム合金の円盤の枚数を変更し、無電源吸着ポンプの排気速度(リットル/秒)を測定する。飛翔体打ち上げ時の衝撃に耐えるかを評価する。

4. 研究成果

吸着物質(外径25mm、厚さ1mm)からできたジルコニウム合金の円盤の枚数を変更し、無電源吸着ポンプの排気速度(リットル/秒)を変化させ、それを測定した。

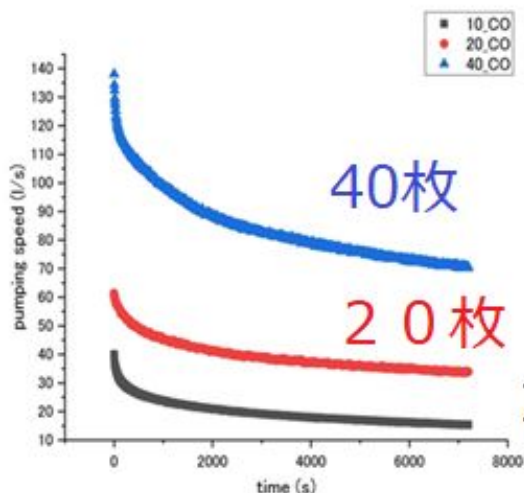


図：吸着物質の形状と活性化に供するタングステンヒータの寸法。円板を10枚、20枚、40枚とし、それぞれの排気速度を計測する。

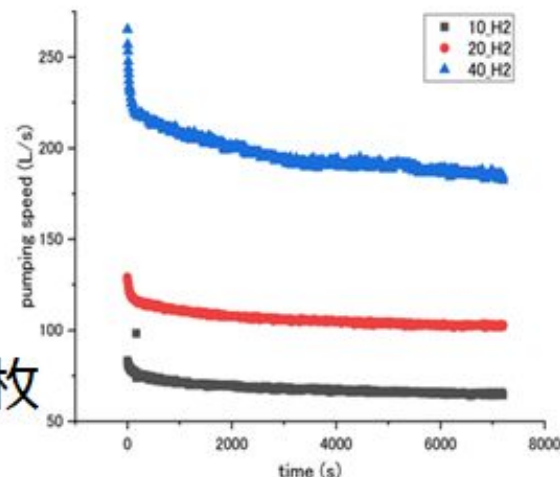
以下に、一酸化炭素と水素ガスに対する排気速度の時間変化を示す。予想通り枚数に比例して、排気速度が増していることが分かる。ターボ分子ポンプでは排気が困難である水素ガスに

対しても、100リットル/秒以上の排気能力を有し、他の大気分子と同程度の排気が可能であることが分かる。

COに対する排気速度（時間変化）

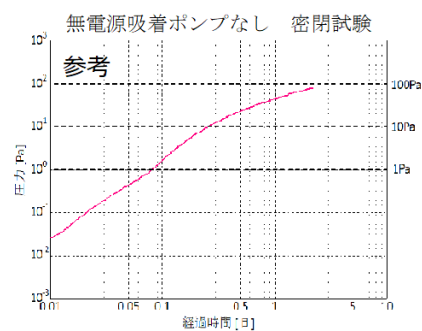
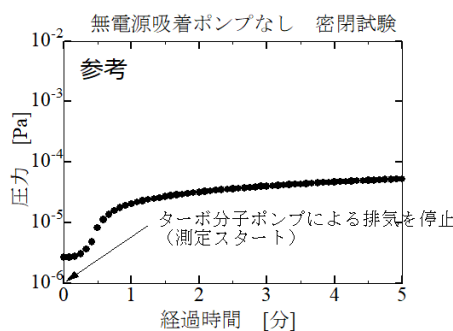
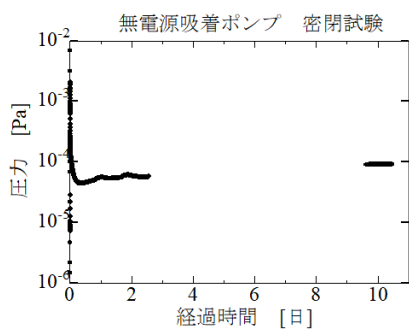


H₂に対する排気速度（時間変化）



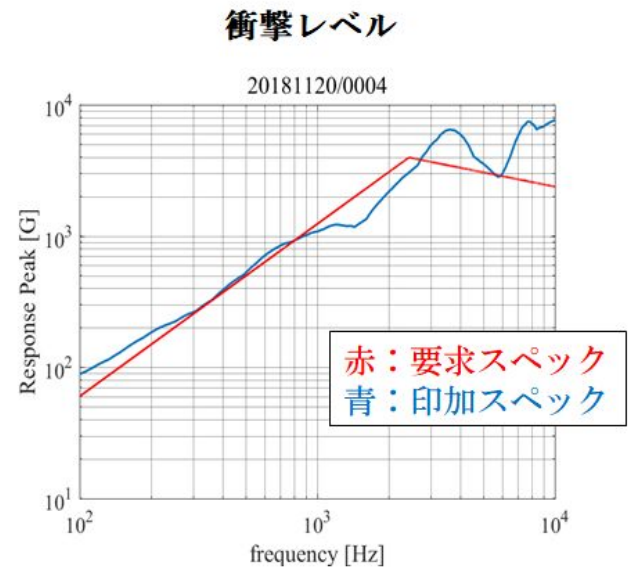
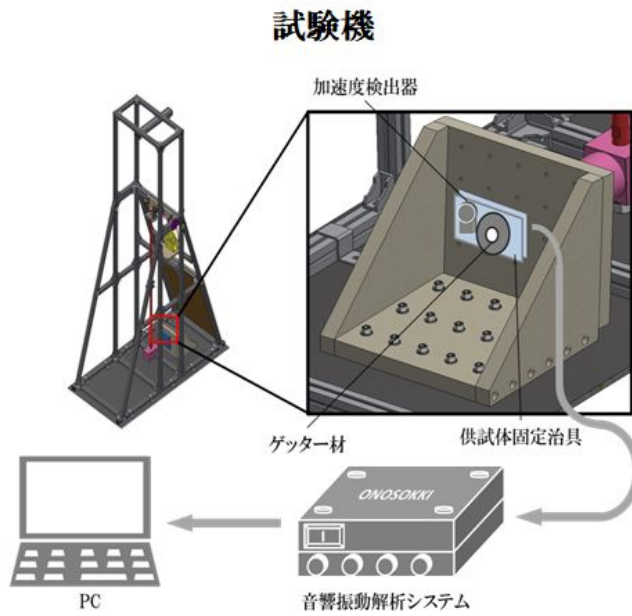
図： 無電源試作ポンプのガスに対する排気速度の変化。オリフィス法を用い測定をした。水素ガス（右図）に対しても、他のガスと同程度の排気能力を有することが分かる。

開発目標について報告する。真空容器をターボ分子ポンプを使い 8×10^{-5} [Pa]まで真空引きした後、無電源吸着ポンプ（40枚）だけで真空を保持する（下左図）。試験開始の直後から10日間では、 5×10^{-5} [Pa]から 1×10^{-4} [Pa]まで真空度は低下したが、無電源試作ポンプの性能は確認することができた。この後もこの割合で徐々に真空度が低下する。（比較のために、無電源吸着ポンプを用いず、容器内の真空度の変化を記録した結果を中図と右図に示す。）

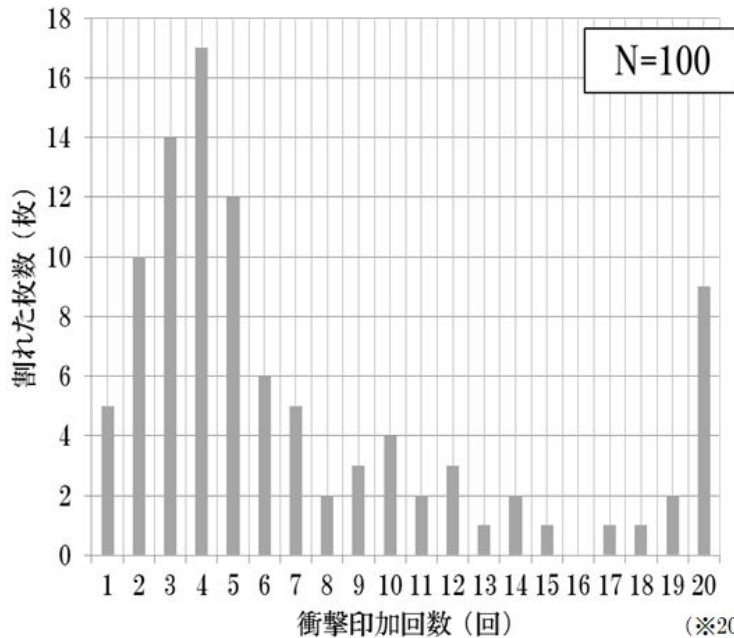


現在も測定は進行中（80日目、真空度は約 1×10^{-3} [Pa]）であるが、開発目標は達成できる見込みである。

当研究室にて所有する衝撃試験機を用い、無電源吸着ポンプの中で脆弱である吸着物質からなる円盤への衝撃試験を実施した。ここでは、2020年にNASAが打ち上げる小型深宇宙探査機のQualification levelと等価な衝撃レベルを印加した。



次ページの右図に示すように、破損に至ったか否かは目視にて判断できる。破損に至るまでの衝撃印加回数のヒストグラフを下左図に示す。今回は、吸着物質からなる円盤の機械的耐性にどれほどの余裕（マージン）があるかを把握するために、破損に至るまで衝撃を印加した。（QT レベルの衝撃の印加は、本来は最大でも1回きりであるはずであり2回以上印加されることは想定する必要はないことに留意してほしい。）調査の結果、約95%のサンプルについては衝撃試験をクリアできたと判断でき、約5%に当たる個数のサンプルが一回目の衝撃で破損した。サンプルの事前選別の方法については、今後の課題とする。（10%弱の個数のサンプルが非常に高い耐久性（20回以上の衝撃に耐える）があることが解る。これらのサンプルには、円盤上の厚みにばらつきが少ないことが特徴であることが経験からわかってきた。事前選別の基準としたい。）



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
フランス	LATMOS	CNRS	