

宇宙機に搭載可能なNEGポンプの開発

その他のタイトル	Development of the Spacecraft-mountable NEG Pump
著者	菅原 裕太
学位授与年月日	2019-03-25
URL	http://hdl.handle.net/2261/00078790

論文要旨

真空排気技術は、蛍光灯、掃除機、魔法瓶などの身の回りの製品から、半導体、フラットパネルディスプレイなどの製造装置、素粒子原子核研究用加速器、重力波検出装置などの大型研究施設にいたるまで広く利用されている。宇宙分野も例外ではない。宇宙機に搭載する観測器では、真空中の水 (H_2O) や酸素 (O_2) と化学反応すると検出効率が低下してしまう検出器を用いる場合がある。そのため、観測器を宇宙に送り出すまで検出器を水や酸素が少ない真空中で保管する必要がある。しかしながらロケットに搭載できる機器には制限があるため、検出器には外部電源を必要とする真空排気装置を用いることができない。そこで着目したのが非蒸発型吸着材 (Non-Evaporable Getter、NEG) である。NEG を真空中で加熱すると蒸発せずに反応性が高い表面が生成する。この工程を活性化と呼ぶ。代表的な NEG は、チタン (Ti)、ジルコニウム (Zr)、バナジウム (V)、鉄 (Fe)、およびそれらの合金から構成される。NEG を構成する金属を M で表すと、活性化したあとの NEG は



といった化学反応により、水 (H_2O) や酸素 (O_2) などの残留気体を排気する。NEG を用いて真空中の残留気体を排気する機器を NEG ポンプと呼ぶ。NEG ポンプは小型で軽量、活性化後は無電源で真空排気できるという特徴がある。また、NEG を真空材料の表面に成膜して真空材料そのものを NEG ポンプにする手法を NEG コーティングと呼ぶ。NEG コーティングを施した観測器を宇宙機に搭載すれば、空間的制約を考慮することなく検出器を絶えず水や酸素の少ない真空下で保管でき、真空排気装置の管理及び撤去などの射場での作業軽減に貢献できると考えた。そこで、本研究では、宇宙機に搭載可能な NEG コーティングの開発を目的とした。

本研究では、チタン (Ti) を用いた Ti コーティング、無酸素チタンと無酸素パラジウム (Pd) を用いた無酸素 Pd/Ti コーティング、無酸素バナジウム (V) と無酸素パラジウムを用いた無酸素 Pd/V コーティングの3種類の NEG コーティングの性能を評価し、宇宙機への搭載の可能性を検討した。

第1章では、本研究の背景と目的を記述した。

第2章では、NEG ポンプと本研究で用いた実験方法の原理を記述した。

第3章では、排気速度測定に基づいて Ti コーティングの性能を評価した結果をまとめた。Ti コーティングの排気能力は、チタン薄膜の表面に吸着している酸素原子がチタン薄膜内に拡散し始める温度が関係すると示唆された。さらに、大気中の酸素とチタン薄膜が化学反応することでチタン表面に自然酸化膜が形成されることが排気能力の低下の原因と推測された。

第4章では、排気速度測定及び X 線光電子分光法 (X-ray Photoelectron Spectroscopy、XPS)

測定に基づいて、無酸素 Pd/Ti コーティングの性能を評価した結果をまとめた。無酸素 Pd/Ti を 250~300℃に加熱すると、表層にあるパラジウム原子が深層へ拡散し、それに伴い深層にあるチタン原子が表層に拡散して表面に露出することを確認した。さらに、このとき表面に露出したチタンが水素及び一酸化炭素を吸着して排気することを確認した。本実験でチタンが表面に露出した時の加熱条件とチタン中のパラジウム原子の平均拡散距離の理論値の比較をおこなった。その結果、この平均拡散距離が成膜したパラジウム薄膜の厚さを超えた時にチタンが表面に露出することが示唆された。

第 5 章では、排気速度測定及び XPS 測定に基づいて、無酸素 Pd/V コーティングの性能を評価した結果をまとめた。12 時間、250℃以上あるいは 10 分、275℃以上の加熱で表層にあるパラジウム原子が深層へ拡散し、それに伴い深層にあるバナジウム原子が表層に拡散し表面に露出することを確認した。また、チタンに比べてバナジウムが露出するために必要な加熱温度は低かった。さらに、排気速度の測定結果から、露出したバナジウムが水素及び一酸化炭素を吸着し排気することを確認した。このため、無酸素 Pd/V コーティングは加熱することでバナジウムが表面に露出し、水、酸素などの排気に応用できることが示唆された。

最後に、第 6 章にて、第 3~5 章で検証した 3 種類の NEG コーティングを比較した結果をまとめ、宇宙機への搭載の可能性を検討した。