

R009-30

A 会場 : 11/25 PM1 (13:45-15:45)

14:00~14:15:00

白金フィラメントを用いた水素/重水素吸収セルの開発

#遠藤 まどか¹⁾, 田口 真¹⁾, 桑原 正輝¹⁾, 吉岡 和夫²⁾

(¹ 立教大学, (² 東京大学

Development of Hydrogen/Deuterium Absorption Cells Using Platinum Filaments

#Madoka Endo¹⁾, Makoto Taguchi¹⁾, Masaki Kuwabara¹⁾, Kazuo Yoshioka²⁾

(¹Rikkyo University, (²Tokyo University

Hydrogen/deuterium absorption cells were developed as a device for observing D/H in celestial atmospheres [Kawahara et al., 1997]. The cell consists of a cylindrical glass container weighing several tens of grams and several centimeters in width, containing hydrogen or deuterium gas and filaments, with both ends sealed by MgF₂ windows. In the case of the hydrogen absorption cell, when the filament is heated, hydrogen molecules inside the cell dissociate and are adsorbed, then thermally desorbed to form hydrogen atoms that cause resonance scattering with the hydrogen Lyman-alpha emission. This is referred to as the selective absorption of the cell, because only the hydrogen Lyman-alpha emission cannot pass through the cell. The same applies to deuterium.

The tungsten filaments currently used in the absorption cells have the highest melting point among metals but stability issues due to filament degradation. Specifically, the lifetime of a single filament is at most several tens of hours. The degradation is caused by the formation and sublimation of tungsten oxide due to the oxidation of tungsten. Therefore, in this study, we aimed to develop an absorption cell with high durability and absorption efficiency by using a platinum filament instead of tungsten, as platinum is a metal with high oxidation resistance. However, since pure platinum lacks the hardness required to form filament shapes, a platinum alloy containing 10% rhodium or 10% iridium was used. Hydrogen at 300 Pa was sealed in a stainless-steel cell, and filaments were applied electric power for a long time, recording the time until they broke. During this process, voltage and current were continuously measured using a digital multimeter. We also measured the absorption efficiency of the hydrogen Lyman-alpha emission by the filaments using a VUV experimental setup which consists of a hydrogen Lyman-alpha light source, a VUV spectrometer and an MCP at the University of Tokyo, Kashiwa Campus.

The results of durability tests show that the platinum-rhodium filaments feature durability longer than 30 days at around a temperature of 1450 K, which is comparable or better than that of a tungsten filament. However, at temperatures above 1750 K, the filament melted and broke within a few hours after the power was applied. This was probably caused by the filament bending, causing adjacent coils to come into contact, shortening the filament length, and increasing the current. The current through the filament under constant voltage showed no significant fluctuations except a stepwise increase immediately before the breakage.

As a result of the absorption efficiency experiments, it was confirmed that the hydrogen Lyman-alpha line was absorbed at a filament temperature of 1600 K with tungsten and platinum alloy filaments. Absorption efficiencies were around 21-26 %, 10-18 % and 21-24 % for the filaments made of tungsten, platinum-rhodium and platinum-iridium, respectively, though the temperature estimation of the platinum-iridium filament was not accurate. The absorption efficiency for the tungsten filament reached its upper limit at approximately 1600 K and did not increase when the filament was heated at higher temperatures. The platinum alloy filaments began to bend at around 1500 K, making accurate temperature calculations difficult. Based on the experimental result, higher-strength platinum-alloy filaments are being developed by increasing the rhodium content and diameter of filament.

Kawahara et al, "Glass-type hydrogen and deuterium absorption cells developed for D/H ratio measurements in the Martian atmosphere", Appl.Opt.,1997.

天体大気の D/H を観測するための装置として、水素・重水素吸収セルが開発された [Kawahara et al.,1997]。セルは、質量数十グラム、幅数センチの円筒型ガラス容器の中に水素または重水素ガスとフィラメントが内蔵されており、両端は MgF₂ 窓で閉じられている。水素吸収セルの場合、フィラメントを昇温するとセル内部の水素分子が解離吸着し熱脱離することにより水素原子に熱解離する。この水素原子と天体大気から放射された水素ライマン α 線が共鳴散乱を起こし、水素ライマン α 放射のみがセルを通過できない。これをセルの選択的吸収という。重水素の場合も同様である。

吸収セルに現在用いられているタングステンフィラメントは、金属で最も高い融点を持つ一方でフィラメントの消耗に

よる安定性に課題があり、1本のフィラメントで数十時間の使用が限界である。消耗の原因はタングステンの酸化により酸化タングステンが形成され昇華するためであると考えられている。そこで、本研究ではタングステンの代わりに、酸化耐性の高い金属である白金のフィラメントを用いることにより、耐久性が高く吸収効率の良い吸収セルの開発を目指した。ただし、純白金ではフィラメント形状を形成するための強度が弱すぎるため白金ロジウム(イリジウム)10%合金を用いた。ステンレスセルに水素 300 Pa を封入し、フィラメントを長期間通電し、断線するまでの時間を記録した。その際、デジタルマルチメータで電圧、電流を継続して測定した。また、水素ライマン α 光源、紫外分光器、マイクロチャンネルプレートを用い、東大柏キャンパスで水素ライマン α 線の吸収効率測定を行った。

耐久試験の結果、1450 K 程度で 30 日以上耐久性を確認した。しかし、1750 K 以上では通電開始から数時間以内にフィラメントが断線した。この原因は、フィラメントのたわみにより隣同士のコイルが接触し、フィラメントの長さが短くなり、電流がより多く流れることであると考えている。白金ロジウムフィラメントを定電圧で通電中の電流は、断線の直前を除いて大きな変動は見られなかった。

吸収効率測定の結果、タングステンと白金フィラメントどちらも 1600 K で水素ライマン α 線の吸収を確認できた。1600 K での吸収効率は、タングステン、白金ロジウム、白金イリジウムそれぞれ、21~26 %, 10~18 %, 21~24 % であった。ただし、白金イリジウムは正確な温度計算が出来ていない。タングステンフィラメントは、1600 K 程度で吸収効率が上限に達し、それ以上温度を上げても吸収効率は上がらなかった。白金合金フィラメントは 1500 K 程度からたわみはじめ、正確な温度計算が出来なくなるという課題があった。実験の結果をもとに、ロジウムの含有率やフィラメント径を変えた、強度の高い白金合金フィラメントを試作中である。