



Title	超高真空装置用回転ステージ
Author(s)	中坪, 俊一; 瀬川, 鉄逸; 香内, 晃
Citation	低温科学. 物理篇, 52, 71-75
Issue Date	1994-03-15
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/18632
Type	bulletin (article)
File Information	52_p71-75.pdf



[Instructions for use](#)

超高真空装置用回転ステージ*

中坪 俊一・瀬川 鉄逸・香内 晃

(低温科学研究所)

(平成5年11月受理)

Abstract : An oil free rotating stage with an unobstructed center opening of 86 mm for ultrahigh vacuum applications has been developed. With the use of two Teflon U-rings and differential pumping, the vacuum at the chamber was determined to be on the order of 10^{-9} Torr without baking.

要旨 : 超高真空装置用のオイルフリーの 86 mm 内径の回転ステージを開発した。2本のテフロン製 U リングを使用し、さらにシールの間を差動排気することにより、回転ステージを取り付けた真空チェンバーでベーキングをせずに 10^{-9} Torr 位の真空が達成できた。

Key words : Rotating stage, ultrahigh vacuum

キーワード : 回転ステージ, 超高真空

I. はじめに

宇宙空間では鉱物・氷の凝縮や蒸発、ガスと鉱物・氷との反応、氷への紫外線や宇宙線の照射による有機物の形成などの複雑な反応がおこっている。これまでは、鉱物・氷・有機物の研究者がそれぞれ独立に凝縮・蒸発機構の研究をおこなってきた。彗星や炭素質隕石の起源を議論する時には、鉱物・有機物・氷の集合体としての性質および、それらの進化の研究が重要となる。しかし、既製の装置ではこのような研究をおこなうことは困難であり、新たな実験装置の開発が必須である。

われわれは現在、物質進化シミュレーター、すなわち鉱物・氷の凝縮・蒸発装置、紫外線・イオンの照射装置および各種の分析装置からなる複合装置の開発を進めている。この装置ではいろいろな新しい装置を開発、導入しなければならないが、そのひとつに超高真空用回転ステージがある。直径 150 mm のヘリウム冷凍機をオイルフリーの超高真空中で回転させる必要があるため、通常の回転ステージの使用は不可能である。一般に、大口径の回転ステージは二重の

* 北海道大学低温科学研究所業績 第 3695 号

Oリングを用い中間を油回転ポンプで排気する方法がとられる。しかし、この方法ではOリングにグリースを使用するためにオイルフリーの超高真空の実現が困難である。

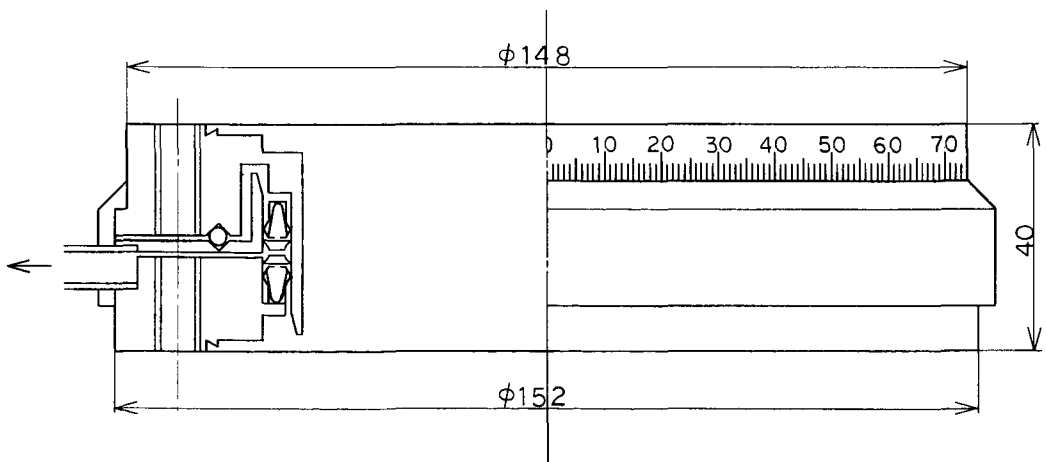
これらの困難に対処するために、Auerbach et al.¹⁾, Silverman²⁾ によってテフロンシールを用いた回転ステージが考案された。これらは2～3本のテフロンシールを用い、各シールの間を油回転ポンプとイオンポンプ、またはターボ分子ポンプで差動排気する。また、荷重の支持にはボールベアリングを用いる。しかし、これらの回転ステージでは、市販の超高真空用フランジを使用できないために、非常に高価な上しかも製作上の難点が多い。そこで、市販の超高真空用フランジを用いた、比較的簡単に製作できるオイルフリーの超高真空用回転ステージを新たに製作したので報告する。

II. 製 作

回転ステージを製作するにあたり、使用する真空領域が超高真空域であるため以下の点に注意を払った。

まず、設計にあたっては次の点を考慮した。i) 市販の直径152 mmの超高真空用フランジを使用し、回転ステージ全体の厚さがフランジ2枚分の厚さと同じにする。ii) テフロン製のUリングとステンレス製のバネを組み合わせたUシール(三菱電線工業, サンフロンUシールSUCI-90)を2本使用し、Uシールの間を差動排気する。これによって、オイルフリーの真空が実現可能となる。iii) V溝とステンレススチールボールの組み合わせによって、フランジに加わる荷重を支持するとともに、心出しも行う。第1図に回転ステージの設計図を示す。

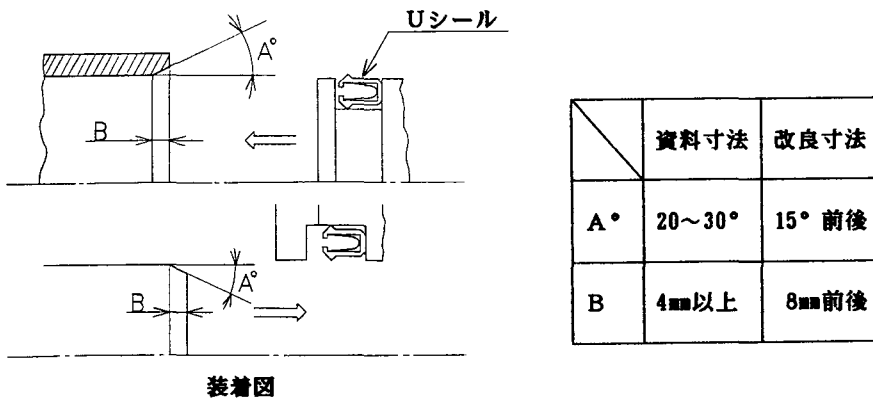
次に、シール面の高精度仕上げの必要性について述べる。今回使用したテフロンUシールは、従来シール材として使用されているOリング等と比べ、低摩擦(潤滑剤不要)・広範囲の温度・圧力で使用が可能である反面、シール部の接触面積が少ないため摩擦に弱く、摩耗を防ぐとい



第1図 超高真空用回転ステージ

う点から高精度な仕上げ面(鏡面仕上げ)が要求された。また、仕上げ寸法も許容差が0.05 mm以下という難しい要求であった。我々はこれらの問題に対して、独自の切削工具を作り対処した。それは、高周波完成バイト(高速度工具鋼製)を、従来の刃物形状より、前切刃角・バックレーキ・前逃げ角とも10°程度鋭角にし、さらにノーズ半径はほとんどとらない形状に加工したものである。これは、刃先は鋭く切れやすい反面、すぐ刃先が参ってしまう欠点がある。しかし、この点を主軸速度55 rpm, 切削速度18 mm/min, 切り込み量直径0.03~0.05 mmという技術部にある工作機械の能力限界で加工することにより克服し、刃先に負担のかからないような仕上げをおこなった。

回転ステージの部品製作が終了し、組立段階に入りUシールのはめ込みが困難であることがわかった。製作にあたっては技術資料³⁾を参考にして、ステージ本体とUシールとのはめあいを決定した。しかし、資料では最小限の寸法範囲しか記載されておらず、この寸法でははめ込み時にUシールに荷重がかかりUシールが潰れてしまう事があった。われわれはこれを回避するため、第2図のように技術資料の記載と異なった寸法にし、本体とUシールのはめあいをおこないUシールにかかる負担を軽くした。



第2図 Uシールはめあい部分の変更点

III. 性能の評価

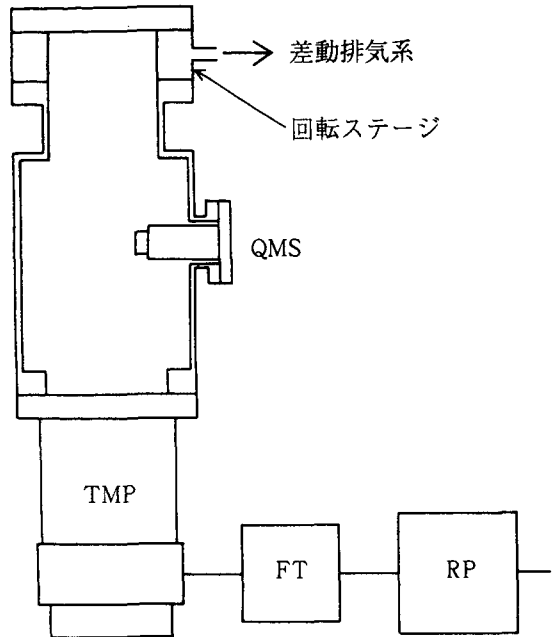
第3図に示す真空排気系を用いて今回製作した回転ステージの評価をおこなった。直径150 mm, 高さ200 mmの真空チャンバーに日本真空社のターボ分子ポンプ(UTM-150)を直接取り付け、補助ポンプはフォアライントラップを取り付けたアルカテル社の油回転ポンプ(M 2008 A)を用いた。上部の150 mmフランジに回転ステージを取り付け、差動排気用の真空ポンプは表1に示す3種類の排気系を用いた。チャンバーの真空度はエドワーズ社の四重極型質量分析計(EQ-80 F)を用いて測定した。

表1に24時間排気後の到達真空度を示す。差動排気系としては油回転ポンプは不十分であり、モレキュラードラグポンプまたはターボ分子ポンプが適していることがわかった。表1

に示す真空度はベーキングを行っていない場合の値であり、残留ガスの大部分はH₂Oである。したがって、ベーキングによって真空度はより改善されると思われる。

到達真空度だけから見ればターボ分子ポンプが最も性能がよいが、補助ポンプに油回転ポンプを使用しているため、オイルフリーという点からは好ましくない。そこで、今回は排気速度や真空度の点からは少し劣るが、オイルフリーという点からモレキュラードラッグポンプとダイヤフラムポンプを差動排気用ポンプとして採用することにした。

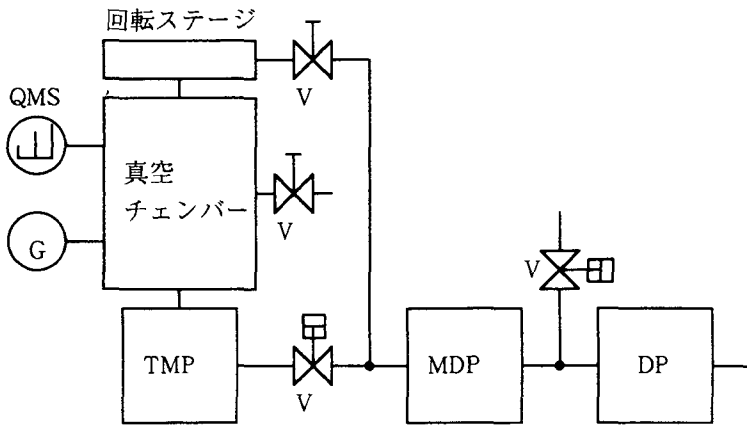
第4図に物質進化シミュレーターの真空排気系を示す。真空チェンバーは第3図で示したものと同一である。主ポンプはライボルト社の磁気軸受ターボ分子ポンプ



第3図 差動排気系の評価に用いた真空排気系
QMS, 四重極型質量分析計; TMP, ターボ分子ポンプ; FT, フォアライントラップ; RP, 油回転ポンプ

表1 差動排気系と到達真空度

差 動 排 気 系	公称排気速度	到達真空度 (Torr)
油回転ポンプ (アルカテル M2008A) + 液体窒素冷却フォアライントラップ (日電アネルバS型)	167 ℓ/min	1 × 10 ⁻⁷
モレキュラードラッグポンプ (アルカテル MDP5011) + ダイヤフラムポンプ (KNT N726・3AN)	7 ℓ/s	6 × 10 ⁻⁹
ターボ分子ポンプ (島津 TMP-50) + 油回転ポンプ (アルカテル M2004A)	50 ℓ/s	3 × 10 ⁻⁹



第4図 物質進化シミュレーターの真空排気系
 G, イオンゲージ; V, バルブ; MDP, モレキュラードラッグポンプ;
 DP, ダイアフラムポンプ; QMS, 四重極型質量分析計; TMP, ターボ分子ポンプ

ンプ TURBOVAC 340 M (排気速度 400 l/s) を用いた。補助ポンプおよび回転ステージの差動排気用ポンプとしては前述のモレキュラードラッグポンプとダイアフラムポンプの組み合わせを用いた。これらのポンプの組み合わせで完全オイルフリーの排気系が達成できた。24 時間排気後の到達真空度は 4×10^{-9} Torr であった。実際に実験をおこなう際には、チェンバー内の液体窒素シュラウドおよび He 冷凍機を使用するので、 10^{-10} Torr 台の真空度が達成できるであろう。

IV. おわりに

物質進化シミュレーターとしての性能を十分満足する回転ステージおよび真空排気系を製作することができた。現在、強力真空紫外線源、イオン源および各種分析装置——高感度表面赤外分光計、イオン衝撃光放射分析計などを開発中である。これらが完成すればこれまでおこなわれてこなかった鉱物・有機物・氷の集合体の性質やそれらの起源、進化に関する研究が可能となり、彗星や隕石の起源に関する新たな知見がもたらされよう。

本研究は文部省科学研究費、試験研究(B)“物質進化シミュレーター”によりおこなわれるものである。関係各位に感謝いたします。

文 献

- 1) Auerbach, D.J., Becker, C.A., Cowin, J.P. and Wharton, L. 1979 UHV application to spring-loaded Teflon seals. *Rev. Sci. Instrum.*, **49**, 1518-1519.
- 2) Silverman, P.J. 1984 A compact UHV rotary feedthrough. *J. Vac. Sci. Technol.*, **A2**, 76.
- 3) 三菱電線工業(株) 1983 サンフロン U シールカタログ