超高真空 AG ステッピングモータの開発*

武松 忠**・盛山 一郎**・山川 洋幸**・小笠原 勝***

(昭和63年2月8日 受理)

An Axial Gap Stepping Motor for Ultra High Vacuum

Tadashi TAKEMATSU**, Ichirou MORIYAMA**,
Hiroyuki YAMAKAWA and Masaru OGASAWARA***

**(ULVAC JAPAN, Ltd., Chigasaki, Kanagawa)

*** (YASKAWA ELECTRIC MFG. CO., Ltd., Kitakyusyu, Fukuoka)

(Received February 8, 1988)

1. はじめに

近年、真空内に回転運動や、直線運動を導入する場合、高精度な制御の必要性が増してきた。現在、運動の導入には、ベローズや、磁気流体を使用した回転導入、マグネチックカップリングなどが使用されている。どれも駆動部が、真空外にあるため、動力伝達系が複雑になり、バックラッシュなどの原因で、精密な位置決めができない、リークが起こる、装置が大型になるなどの欠点があった。また、モータコイルに低アウトガスの対策をした真空用モータも開発されている^{1,2)}。

我々は、真空内で精密位置決めができる新型ステッピングモータとしてアキシアルギャップパルスモータ (AG モータ) を開発してきた。今回は、この AG モータの特長、超高真空中での予備実験結果について報告する。開発した AG モータの代表的性能を Table 1 に示す。

2. AG モータの特長

モータを真空内に納めるために問題となるのは、モータケース、コイル、ステータからのアウトガス、ベアリングの潤滑方法である。

我々は、コイル、ステータを、完全に真空から隔離し、ステータとロータを平行に向い合わせ、アキシアル

Table 1 Specification of AG-Motor series

Holding torque [kg-cm]	0.5/3.0/4.0/150
Heat-resistant temperature of coil parts [°C]	Max 155/300
Resolution	Max 0.015624°/pulse
Material of motor- case and parts	SUS 304
Installation type	On the chamber wall type /In vacuum type

方向にギャップを持たせた AG モータを開発した。

ロータを保持するベアリングの潤滑には、真空度、使用温度、使用目的に応じ、フォンブリンオイル、フォンブングリース等を使用している。また無潤滑ベアリングも選択可能である。

コイル線には、耐熱タイプのものを使用し、ベークンが可能になるようにした。

また、この AG モータには、完全真空型と半真空型 2 種類のタイプがある。完全真空型は、モータをすべて真空内に入れることができるタイプである。Fig. 1 に保持トルク 0.5 kg-cm の完全真空型モータを示す。モータ後部には、ピンコネクタが付いており、チャンバに取り付けた電流導入端子より電流コードを接続する構造になっている。半真空型は、モータをチャンバ壁に取り付けるタイプである。ロータ部のみが真空内に入り、ステー

* 昭和62年11月11日 第28回真空に関する連合講演会で講演 (11Ap-8)

** 日本真空技術株式会社 (神奈川県茅ヶ崎市萩園)

*** 株式会社安川電機製作所 (福岡県北九州市八幡西区)

Fig. 1 AG-Motor with holding torque 0.5 kg-cm.

タ部は、大気側にある。

3. 高真空実験

Fig. 1 に示す保持トルク0.5 kg-cm 完全真空型 AG モータ（フロンブリンオイル潤滑）からの放出ガス量を測定した。AG モータを Fig. 2 に示すように、チャンバ内に取り付けた。主ポンプには、スパッタイオンポンプ SIP（排気速度256 l/sec），ターボ分子ポンプ TMP（排気速度450 l/sec），粗引きポンプは，ロータリポンプ RP，またガス分析には，質量分析計を用いた。真空計は，B-A 電離真空計を用いた。

真空チャンバは，内径260 mm，奥行き300 mm の円筒型である。チャンバと SIP の間に差圧管を取り付けており，43.3 l/sec のコンダクタンスのオリフィスが取り付けられている。その装置の概略図を Fig. 3 に示す。

(a) チャンバの排気特性

チャンバ内に，モータマウント，CA 線，電流導入用裸銅線を設置した状態で，TMP で 10^{-8} [Torr] まで排気した。その後，乾燥窒素でベントを行い，さらに乾燥窒素を流したまま，UFC-306 フランジを30分間開放した後，粗引きを開始した。10分後に TMP をスタートし，1 時間後に250°C 設定でベーキングを開始した。14 時間ベーク後， 1×10^{-8} [Torr] で SIP をスタートさせ，その後 TMP 前の L 型バルブを閉じ，圧力を設定した。その排気特性を，Fig. 4 に示す。100 h 後のチャンバ内の圧力 P_1 ，SIP のヘッドでの圧力 P_2 はそれぞれ $P_1 = 3.1 \times 10^{-9}$ [Torr]， $P_2 = 7.4 \times 10^{-10}$ [Torr] であり，それを Table 2 に示す。

(b) チャンバにモータを設置した場合の圧力

チャンバを，乾燥窒素でベントし，さらに乾燥窒素を流しながら，UFC-306 フランジを開け，チャンバ内にモータを設置して，前記と同手順で真空引きをした。その排気特性を Fig. 5 に示す。Table 2 には，150 時間後

Fig. 2 A schematic view of the AG-Motor in a chamber.

Fig. 3 A schematic view of the test chamber.

Fig. 4 A pumping characteristics of the chamber.

Table 2 Outgas-rate of AG-Motor (0.5 kg-cm)

	pressure in the chamber [Torr]	pump head pressure [Torr]	outgas-rate of AG-Motor [Torr l/sec]
Without AG-Motor (100 hr)	3.1×10^{-9}	7.4×10^{-10}	—
No operation (150 hr)	5.0×10^{-9}	1.7×10^{-9}	3.9×10^{-8}
At the Start of operation	2.7×10^{-8}	4.7×10^{-9}	8.6×10^{-7}
Operation after 5 minute	1.8×10^{-8}	4.3×10^{-9}	4.9×10^{-7}

Fig. 5 A pumping characteristics of the chamber with the 0.5 kg-cm AG-Motor.

Fig. 6 Pressure rise during the revolution of the 0.5 kg-cm AG-Motor with pulse rate 50 pps.

の圧力 P_1 , P_2 の値を示す。この測定後、モータを50 ppsで7分間運転させ、モータ回転による圧力上昇を測定した。この結果を **Fig. 6** 及び **Table 2** に示す。

(c) ガス放出速度

モータからのガス放出速度 Q を、(1)式により **Table 2** のデータから求めることができる。

$$Q = C \cdot (\Delta P_1 - \Delta P_2) \quad (1)$$

ここで、 C は、オリフィスコンダクタンス、 ΔP_1 , ΔP_2 は、それぞれチャンバのみの場合の圧力をベース圧力としたときのチャンバ側圧力と差圧管側圧力の変化量である。求めたガス放出速度を **Table 2** に合わせて示す。

またこのモータの表面積は、約532 cm²である。モータの単位面積当り換算のガス放出量は、モータ停止時で、 7.4×10^{-11} [Torr l/sec cm²] である。

Fig. 7 には、モータ停止時のマススペクトルを示す。このスペクトルは、 $M/e=2, 18, 19, 28$ が主成分である。

Fig. 7 Mass spectra of the residual gas of the apparatus containing the 0.5 kg-cm AG-Motor in no operating condition.

Fig. 8 Mass spectra of the residual gas of the apparatus containing the 0.5 kg-cm AG-Motor in operating condition.

Fig. 8 には、モータ回転時のマススペクトルを示す。モータの回転により、 $M/e=2, 16, 18, 28, 44$ が増加し、新たに $M/e=51, 69$ のピークが発生した。

4. ま と め

我々は、真空中で精密な位置決めができる AG モータを開発した。今回は、保持トルク $0.5 \text{ kg}\cdot\text{cm}$ のモータ（フォンブリンオイル潤滑）のガス放出速度を予備測定した。停止時では、ガス放出速度は、 $3.9 \times 10^{-8} [\text{Torr l/sec}]$ であり、単位面積あたり換算は、 $7.4 \times 10^{-11} [\text{Torr l/sec/cm}^2]$ となる。

モータの耐熱温度に関しては、 $250 [^{\circ}\text{C}]$ 設定でベッキングを行ったが、特に異常はなかった。

モータ回転によるガス放出速度は、 $4 \sim 8 \times 10^{-7} [\text{Torr l/sec}]$ である。この前に述べた停止時からの増加分は、主に、 $M/e=2, 28, 44$ が関与している。これは、ペアリングの運動によって、発生するものと考えられる。

今後は、この AG モータについて、真空中負荷試験などの性能試験および、より低い圧力でのガス放出速度測定などを行う予定である。

〔文 献〕

- 1) 山洋電気株式会社：超高真空用ステッピングモーター（試料），助川電気工業株式会社：真空用ステッピングモーター（カタログ）。
- 2) 楠勲，村上純一，照井佳幸，小林隆，百目鬼英雄：真空，**30** (1987) 619。