クロー型ドライポンプ*

沼 尾 源 司**

(受付1989年9月28日, 掲載決定1990年4月7日)

The Claw Principle Dry Pump

Genji NUMAO

(Leybold Co. Ltd., Chiyoda-ku, Tokyo)

(Received September 28, 1989, Accepted April 7, 1990)

1. はじめに

1 Mbit 技術の導入及び24 hrs. 連続生産に伴い, 真空ポンプのランニングコストは, 頻繁なメンテナンス, オイル交換, オイルフィルターエレメント交換等により非常に上昇している。

加えて, 高品質, 高生産性の要求から真空ポンプの特性が問われている。半導体ウエハプロセスに於ては, 次の点がポンプの選定に重要と考えられる。

1.1 ポンプの寿命及びランニングコスト

油回転ポンプでは, 未反応プロセスガス, 揮発性生成物及び副産物, 凝縮性生成物等により, オイルの劣化, オイルフィルターエレメントの詰りが進行する。これにより, 頻繁なメンテナンス, 即ち, 高ランニングコストが発生するという欠点がある。

1.2 ポンプからのコンタミネーション

微細化技術の進展に伴い, 真空の質はより重要となり, オイル蒸気の逆流が問題にされている。油回転ポンプでは, これを防ぐために大量の不活性ガス (N_2 等) を吸気側より流し込む必要があるが, これは一方に於て有効排気速度を大幅に下げるといふ欠点がある。

これらの欠点を解消するのが, ドライポンプであろうと期待されている。

2. 開発及び原理

油回転ポンプに比べ, ドライポンプの単段当りの圧縮比は非常に小さい。それ故に, 最も有効な圧縮, 排気が可能

なポンプ原理を採用することが重要である。又, 半導体プロセスにて生成されるパーティクル (固形物) を容易に搬出できる構造にすることも重要である。

クロー型ドライポンプは, これらの条件を満たすものとして採用された。又, 必要到達圧力を得る為にマルチステージ型を採用した。非接触, クロー型ローターは周期的に回転し体積変換を行い排気する。又, 吸, 排気スリットの開閉によりセルフバルブの機能をも有する (図1参照)。

ポンプ室の片側にて圧縮, 排気, さらに反対側ポンプ室にて新たに吸気をする。

この圧縮機能及びセルフバルブ機能により, クロー型ドライポンプは高い圧縮比を有する。図2は, クロー型ドライポンプ及びルーツ型ポンプの圧縮比測定結果である。 5×10^1 Pa 以上に於て, クロー型はルーツ型より非常に圧縮比が大きいことが分る。

又, 圧縮効率が良い為にインタークーラー等の冷却機構も不要となり, ローターとハウジング間のクリアランスも大きくとれ, プロセスにより生成されるパーティクルの排気にも有利であると考えられている。

3. 構造及び性能

図3は, ライボルト社縦型クロータイプ Dryvac M100S の断面図である。ローターはギヤーを介し, 二本のシャフトにて3000 r.p.m. にて回転する。冷却は上, 下部ベアリング及びシャフトシール部のみ行われる。これにより, ローターとステーターの温度差を最小とすることが出来る。

上部ベアリングはグリース潤滑, 下部ベアリングはオ

* 平成元年6月26日 日本真空協会研究例会で講演

** ライボルト ㈱ (〒102 東京都千代田区九段南2-7-6)

図1 クロー型ポンプ概念図

図2 クロー及びルーツ型ドライポンプの圧縮比曲線

イル潤滑され、シャフトシールはオイルの侵入及び腐蝕性ガス等による損傷を防ぐ為、 N_2 パージにより保護される。

各ステージには未反応プロセスガス、凝縮性ガス、生

成物の排气，あるいは希釈の為に N_2 ガスがパージされる。吸气側バルブはポンプ停止時のチャンバーへのガスの逆流を防ぐ為に採用された。又，排气バルブはポンプ静止時に水蒸気の混入による反応を防ぐ為に採用された。

図4は4段クロー型ポンプの排气特性曲線である。マルチステージの採用及び高圧縮率の為，到達圧力は $8 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ ($6 \times 10^{-3} \text{ Torr}$) が得られた。又， $10 \sim 10^4 \text{ Pa}$ 領域では比較的安定した排气速度が得られた。又，表1に当ポンプの仕様を示した。

図5に鉍物油仕様ロータリーポンプ，PFPE仕様ロータリーポンプ及びドライポンプの残留ガス分析結果を示した。

全圧， $1 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ ($7.5 \times 10^{-6} \text{ Torr}$) にてドライポンプでは32 amuを越えるピークは見当らない。分析は差動排气を利用した四重極質量分析計にて行った。

図3 M100S 断面図

図4 M100S 排気特性曲線

表1 M100S仕様

排気速度	100 m³/h (1,600 l/m)
最終到達圧 G.B. 閉	8×10^{-1} Pa (6×10^{-2} Torr)
G.B. 開	3 Pa (2.2×10^{-2} Torr)
モーター	3 kW
回転数	3,000 r.p.m.
ノイズ	≤ 68 dB(A)
冷却水	70 l/h
重量	210 kg
寸法	690 × 395 × 550 mm
センサー種類	排気バルブ 排気圧力 ポンプ温度 ベアリング部温度 オイル潤滑 モーター電流

図5 残留ガス分析比較

4. 安全性

ドライポンプの場合でも、安全性はやはり重要な課題である。

排気するガスが腐蝕性、毒性、自然性、爆発性といった性質をもっている。4 段式クロー型の場合、第 2 から第 4 までの各ステージに N_2 を各々にバージする。これによりガスの反応性を低減したり、希釈することが出来る。ポンプの緊急停止に対しては、吸気口及び排気口のバルブを閉じ、ポンプを孤立、遮断する。

ポンプの運転状態は、ポンプ温度、ベアリング部温度、排気圧力等によりモニターされる。

5. 半導体プロセスへの応用

現在迄、Al, Si, SiO_2 エッチング, LPCVD, PECVD, TEOS, LTO 等のプロセスにて評価運転を行って来た。それぞれのプロセスにて、各ステージへの N_2 流量調整、ドライポンプ排気口への N_2 流量調整及びポンプ温度の調整にてテストを繰り返して来た。

概ね、エッチングでは半年程度順調であり、テストを続行中である。CVD ではプロセス、運転条件によりまちまちの結果を得ている。特に TEOS では排気ガス濃度により、2 週間と 6 ヶ月稼動後にポンプ停止という極端な違いも出ている。

CVD ではプロセス未反応ガスがポンプ内で反応し、ローター等に副産物が付着したケースもあった。

6. ま と め

クロー型ドライポンプは圧縮機能とセルフバルブ機能の組み合わせにより、クリアランスが大きいにもかかわらず、高い圧縮比及び低い到達圧が得られる。さらに、排気効率の良さから、結果として、ポンプをコンパクトに出来る。

又、オイル逆流によるウエハ等へのコンタミもなく、オイルフリーポンプの要求に対し充分に応え得る。

一方、半導体プロセスでの長期メンテナンスフリーの要求に応えるには、ポンプの信頼性の向上、各プロセス条件に合ったポンプ運転条件の適合化がより必要と考えられる。特に、CVD プロセスでは、プロセス未反応ガスのポンプ内反応を防ぐべく、ポンプ運転条件の設定が重要と考えられる。

〔文 献〕

- 1) P. Bachmann, H. P. Berges, Solid State Technology, Vol. 29(7), P. 83, July 1986.
- 2) P. Burggraaf, Semiconductor International, vol. 10(12), P. 59 (1987).
- 3) P. Bachmann, J. Vac. Sci. Technol, vol. A3(3), P. 509 (1985).
- 4) F. Flaherty, et al., solid State Technology, vol. 30(7), P. 69, July, 1987.
- 5) M. Kuhn, P. Bachmann, J. Vac. Sci, Technol vol. A5(4), P. 2534 (1987).
- 6) S. O' Hanlon, O. B. Fraser, ibid., vol. A6(3), P. 1226 (1988).
- 7) H. P. Berges, ibid, vol. A5(14), P. 2616 (1987).