

新型ドライ真空ポンプEV-M型

長山真己* 杉浦哲郎*

New Dry Vacuum Pump, Model EV-M

by Masami NAGAYAMA, & Tetsuro SUGIURA

Dry vacuum pumps are used to achieve a clean vacuum environment for manufacturing electronic components including semiconductors. However, inlet gases generated during the manufacturing processes often cause deposition of reaction by-products and corrosion inside the pumps; the pumps operate under harsh conditions.

The Model EV-M pumps have incorporated various countermeasures against deposition of reaction by-products and corrosion, including optimization of internal temperature, in addition to significant improvements in energy saving performance. These have enabled both excellent endurance and energy saving performance under harsh conditions such as the deposition and etching processes.

Keywords: Dry vacuum pump, Semiconductor, Exhaust gas, Reaction by-products, Corrosion, Internal temperature, Energy saving, Deposition, Etching, Endurance

1. はじめに

半導体をはじめとした電子部品の製造では、ウェーハやガラス基板上に真空中で成膜やエッチングを行うプロセスがある。これらのプロセスでは、クリーンな真空環境を実現するために、ドライ真空ポンプを使用する。しかし、排出ガスの性状によりドライ真空ポンプ内部で反応副生成物の析出や腐食などが生じやすく、ドライ真空ポンプにとって多くの課題がある。

当社では、最新の技術（出願中を含め特許7件）と長年培ってきた経験を生かし、耐プロセス性能と省エネルギー性能を両立させたドライ真空ポンプEV-M型を開発した。以下、その詳細を説明する。

2. 製品仕様

製品仕様を表1に示す。本シリーズは、大気圧から排気可能なメインポンプだけで構成したEV-M20N型の1機種と、メインポンプにブースタポンプを組み合わせたEV-M102N～802N型の5機種からなる。排気速度は1800

～80000 L/minまで幅広く、様々な用途に最適な排気性能を有する機種が選択可能である。

写真にポンプの外観を、図1に排気性能曲線を示す。

3. 構造及び特長

図2にEV-M型ドライ真空ポンプの構造を示す。

EV-M型は、耐プロセス性能と省エネルギー性能を両立させるため、以下の特長を有している。

3-1 耐プロセス性能の向上

近年、半導体の微細化やウェーハの大口径化に伴い、ガスの種類や使用量が増加する傾向にあり、ポンプの運転条件は過酷さを増している。

そこで本ポンプでは、耐プロセス性能を向上させるため、以下の方策を講じた。

3-1-1 昇華性反応副生成物の固形化抑制

酸化膜や窒化膜などの薄膜形成を行うCVD (Chemical Vapor Deposition) プロセスでは、ドライ真空ポンプ内部に塩化アンモニウム (NH_4Cl) やけいふっ化アンモニウム [$(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$] 等の昇華性反応副生成物が発生する可能性がある。ポンプ内部における、これら反応副生成物の固形化を抑制するためには、ポンプを高温化することが有効である。

* 精密・電子事業カンパニー 精密機器事業部 精密機器技術室 ドライポンプ開発グループ

表1 EV-M型ドライ真空ポンプ仕様
Table 1 Specification of Model EV-M dry vacuum pumps

機種 Models		EV-M20N	EV-M102N	EV-M202N	EV-M302N	EV-M502N	EV-M802N
排気速度 Pumping speed	L/min	1800	10000	20000	30000	50000	80000
到達圧力 Ultimate pressure	Pa	5.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
接続 Connection	吸気口 Gas inlet	-	NW40	ISO100	ISO100	ISO100	ISO160
	排気口 Gas outlet	-	NW40				
消費電力 Power consumption	kW	1.2	1.8	1.9	2.3	2.1	2.8
寸法 Size	mm	770 × 370 × 450	790 × 380 × 752	820 × 380 × 752	910 × 380 × 830	975 × 485 × 870	1100 × 630 × 1030
質量 Mass	kg	170	320	360	400	500	740
ポンプ構成 Pump structure	メインポンプ Main pump	5段ルーツ 5-stage roots pump	5段ルーツ 5-stage roots pump	5段ルーツ 5-stage roots pump	5段ルーツ 5-stage roots pump	5段ルーツ 5-stage roots pump	5段ルーツ 5-stage roots pump
	ブースタポンプ Booster pump		単段ルーツ Single stage roots pump	単段ルーツ Single stage roots pump	単段ルーツ Single stage roots pump	2段ルーツ Double-stage roots pump	2段ルーツ Double-stage roots pump



EV-M202N型

EV-M802N型

12-75 01/236

写真 EV-M型ドライ真空ポンプ
Photo Model EV-M dry vacuum pump

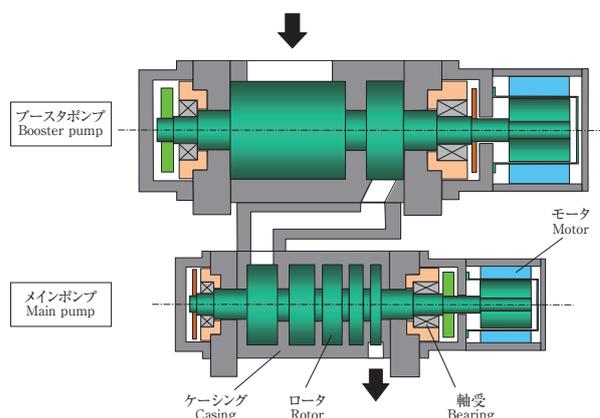


図2 EV-M型ドライ真空ポンプ構造図
Fig. 2 Cross-section of Model EV-M dry vacuum pump

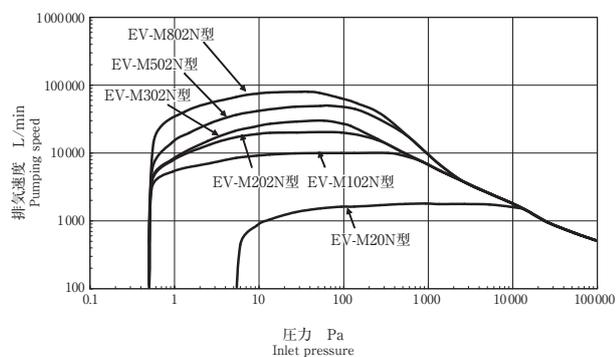


図1 排気性能曲線
Fig. 1 Performance curves

そこで、メインポンプ（ルーツ形5段ポンプ）では、ガスを大気圧まで圧縮・排気する際に発生する圧縮熱を利用して、ポンプ排気部全体（ケーシング及びロータ）を高温化した。発生した圧縮熱により効率的にポンプ排気部を高温化するため、ケーシングの断熱構造を工夫し、外部への放熱量を低減した。これにより、メインポンプ内部を均一に高温化することができた。

一方、ブースタポンプについては、動作圧力が低く、圧縮熱の発生量が少ないため、ヒータを設置して、強制的に高温化できる構造とした。ヒータ温度は、使用条件に応じて調整可能である。

表2 浸漬耐食試験

Table 2 Immersion corrosion test

	単位：g/(m ² h) Unit		
	20% HF	20% HCl	20% HBr
鉄・ニッケル合金 Iron and nickel alloy	0.33	4	0.58
ステンレス鋼SUS304 Stainless steel SUS304	65	4	0.52
ステンレス鋼SUS316 Stainless steel SUS316	68	5	0.18
ねずみ鋳鉄FC250 Gray cast iron FC250	200	39	11.76

試験条件
Test conditions

- ・溶液温度： 35℃
Solution temperature
- ・浸漬時間： 90 h
Immersion time

表3 ClF₃ガスによる耐食試験
Table 3 Corrosion test using ClF₃ gas

(*) マイナスは質量増加を示す。
Minus sign indicates weight increment.

	質量減少 Amount of mass loss	表面減肉量 Amount of surface thickness reduction
鉄・ニッケル合金 Iron and nickel alloy	189.3 mg	24.9 μm
鉄・ニッケル合金+ 耐食コーティング Iron and nickel alloy + anti-corrosion coating	- 0.1 mg (*)	0.0 μm

試験条件
Test conditions

- ・ ClF₃ガス濃度： 3.3%
ClF₃ gas concentration level
- ・ 試験片サイズ： 16 × 22 × 3 mm
Size of test piece
- ・ 試験片温度： 230℃
Temperature of test piece
- ・ 暴露時間： 20 h
Exposure time

3-1-2 ポンプ腐食低減

エッチングプロセスやガスクリーニングを伴うCVDプロセスでは、腐食性の強いハロゲン系ガス（フッ素及び塩素等）をドライ真空ポンプで排気する。ポンプに吸引された腐食性ガスは大気圧まで圧縮される際に圧縮熱により高温になるため、メインポンプ内部は厳しい腐食環境に暴露される。そこで、メインポンプのケーシング及びロータに、ハロゲン系ガスに対してステンレス鋼と同等以上の耐食性を有する鉄・ニッケル合金を標準採用した。表2にハロゲン系水溶液への浸漬耐食試験結果を示す。

また、近年、ハロゲン系ガス使用量の増加に伴い、更なる耐食性を求められる場合がある。そのため、前述の鉄・ニッケル合金表面に耐食コーティングを施工した仕

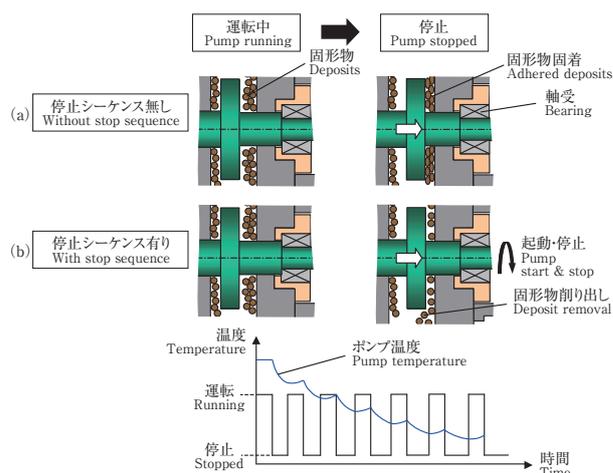


図3 停止シーケンス機能
Fig. 3 Function of stop sequence

様を用意した。表3に耐食コーティング有無の耐食試験結果を示す。耐食コーティングにより耐食性能が大きく向上していることが分かる。

3-1-3 固形物固着時の再起動性向上

(1) 磁極センサ付き高トルクモータ

酸化膜等を形成するCVDプロセスでは、ドライ真空ポンプ内部に、二酸化けい素（SiO₂）等の非昇華性反応副生成物が流入する場合がある。この用途に Roots 形ドライ真空ポンプを使用すると、図3(a)に示すように、運転中、軸受側のケーシング・ロータ間に付着した固形物が、ポンプ停止時のロータ温度低下によるクリアランスの減少により圧縮される。このため固形物がケーシング・ロータ間に強く固着してしまい、ポンプが再起動できなくなる場合がある。

そこで、その対策として、モータに、磁極センサ付きブラシレス直流モータを採用した。

ブラシレス直流モータは、モータロータの磁極とモータステータ側コイルへの通電によって発生する磁束との吸引・反発によりモータロータが回転する。モータステータに取り付けた磁極センサによって、起動時のモータロータ磁極位置を検知することで、起動時に最大トルクを発揮するように各コイルに通電できるようにした。更に、起動時のみ、モータ温度が許容値を超えない間、最大トルクを出力し続けられるようにした。これにより、ポンプ電源容量を大きくすること無く、再起動時には、定格トルクに対して、最大10倍の高トルクを出力できるようになった。

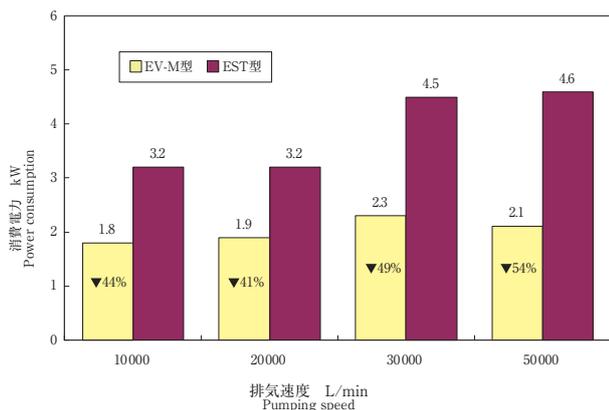


図4 消費電力比較 (EV-M型 vs EST型)
Fig. 4 Comparison of power consumption
(Model EV-M vs Model EST)

(2) 停止シーケンス機能

停止シーケンス機能とは、図3 (b) に示すように、ポンプ停止時に、自動でポンプロータの回転・停止を繰り返す機能である。これにより、ロータの温度低下によってクリアランスが減少していく際、ロータが軸受側のケーシング・ロータ間に堆積した固形物を徐々に削り取っていくため、固形物の固着が軽減され、ポンプの再起動性が向上する。

3-2 省エネルギー性能の向上

本ポンプは、中・重負荷プロセスに対応できるポンプでありながら、省エネルギー性能を大幅に向上させた。図4に中・重負荷プロセス向けの当社従来機種EST型との消費電力の比較を示す。

3-2-1 多段ルーツ形メインポンプの採用

EV-M型のメインポンプは、ロータ形状にルーツ形を採用した。

当社は、AA型(1995年発売)以来、最新機種のEV-S型まで、ルーツ形ドライ真空ポンプの省エネルギー化技術を追求してきた。EV-M型では、これらの製品開発で培ったノウハウを生かして省エネルギー化を図っている。同時に、耐プロセス性能を高めるための工夫(ポンプ高温化、耐食材料使用、高トルクモータ等)を行うことで、消費電力低減と耐プロセス性能の向上を両立した。

3-2-2 2段ブースタポンプの採用

半導体デバイス製造では、微細化の進展に伴うプロセス技術の進化により、ドライ真空ポンプの大排気速度化及び大ガス流量化が求められている。

一般的に、大容量のドライ真空ポンプは、ブースタポンプ及びメインポンプとも大型化するため、消費電力が大きく増大する。

今回開発したEV-M502N型及び802N型では、2段ブースタポンプの採用により、消費電力を大幅に増やすことなく、大容量化を達成した。これは、2段ブースタポンプと小容量のメインポンプとを組み合わせることで、排気するガスを大気圧まで高効率に圧縮するようにしたためである。

4. おわりに

半導体など電子部品製造プロセスの進歩は早く、ポンプの使用環境も厳しさを増している。今後もポンプの耐久性を高めユーザの稼働率向上に貢献するべく開発を進めていく所存である。

*○○○型は当社の機種記号である。