

ドライ真空ポンプ EV-S型※シリーズ

伊 東 一 磨* 白 井 克 明*

Model EV-S Series Dry Vacuum Pump

by Kazuma ITO, & Katsuaki USUI

An energy-saving and small-footprint dry vacuum pump has been developed to meet the demand in semiconductor and liquid crystal panel manufacturing plants. Such demand includes saving in utility (power, cooling water and nitrogen consumption) costs as well as space-conservation (small-footprint). This pump series features considerable saving in utility costs by compression power reduction and motor efficiency enhancement. A small footprint feature has also been achieved by making the pump compact and improving the instrumentation layout.

Keywords: Dry vacuum pump, Vacuum, Energy-saving, Small-footprint, Semiconductor, Liquid crystal panel

1. はじめに

近年、半導体や液晶パネル製造工場において環境対応が活発化し、ポンプの選定に対して性能だけでなくユーティリティ（電力、冷却水、窒素）のコストについても選定の基準となってきた。また、ポンプの設置スペース削減の要求も増えており、総合的なランニングコスト削減が重要な課題となっている。

当社では、従来から製造販売してきた製品に対して更なる省ユーティリティ化と省フットプリント化を実現したドライ真空ポンプを開発した。以下に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として2機種、補助ポンプを必要とするブースタポンプとして3機種を開発した。これらのメインポンプとブースタポンプを組み合わせると全12機種のポンプをラインナップした。メインポンプは、標準材料と耐食性を有した特殊ニッケル合金の2種類がある。また、パージN₂は、通常軸シールと吸入ガスの希

※ EV-S型は当社の機種記号である。

積のために使用するが、ポンプの用途によっては無くすることが可能である。メインポンプの材料とパージN₂の有無を組み合わせ、軽負荷プロセスから腐食性ガスを使用するプロセスまで幅広いプロセスに使用できるように対応した。表1に示すように、ポンプの材料とパージN₂の有無の組み合わせにより型式を「EV-S**」、 「EV-S**P」、 「EV-S**N」に分けた。各型式で想定しているプロセスは以下のとおりである。

「EV-S**」：腐食性のない清浄なガスを排気するプロセス

例) 一般真空排気、ロードロック、SEMなど

「EV-S**P」：腐食性が弱く、軸シールと吸入ガスの希積を必要とするプロセス

例) 酸化膜エッチング、イオンインプラなど

「EV-S**N」：腐食性があるプロセス

例) POLYエッチングなど

写真1にポンプの外観を、図1、2に排気性能曲線をそれぞれ示す。

3. 構造及び特長

新開発したドライ真空ポンプは以下の特長がある。

3-1 ユーティリティコストの削減

近年、真空ポンプのユーティリティ（消費電力・冷却水・窒素）の削減が大きな課題となっている。本ポンプ

* 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 開発グループ

表1 ドライ真空ポンプ仕様
Table 1 Specifications of dry vacuum pump

型式 Model	EV-S20	EV-S20P	EV-S20N	EV-S50	EV-S50P	EV-S50N	EV-S100	EV-S100P	EV-S100N	EV-S200	EV-S200P	EV-S200N
排気速度 L/min Max. pumping speed	1670			5000			10000			20000		
メインポンプ材料 Material	標準材料 Standard material		ニッケル合金 Nickel alloy	標準材料 Standard material		ニッケル合金 Nickel alloy	標準材料 Standard material		ニッケル合金 Nickel alloy	標準材料 Standard material		ニッケル合金 Nickel alloy
バージN ₂ Pa·m ³ /s N ₂ purge gas	0	17~20		0	17~20		0	17~20		0	17~20	
到達圧力 Pa Ultimate pressure	3	5		0.5								
消費電力 kW Power consumption	0.4			0.55			0.65			0.75		
寸法 mm Size	230 × 450 × 274			230 × 450 × 520			260 × 510 × 520			275 × 650 × 580		
質量 kg Mass	60			100			120			170		
吸気口 Inlet	NW50						NW80			NW100		
排気口 Outlet	NW25						NW40					



10-75 01/227

写真1 ドライ真空ポンプ EV-S型シリーズ
Photo 1 Dry vacuum pump model EV-S series

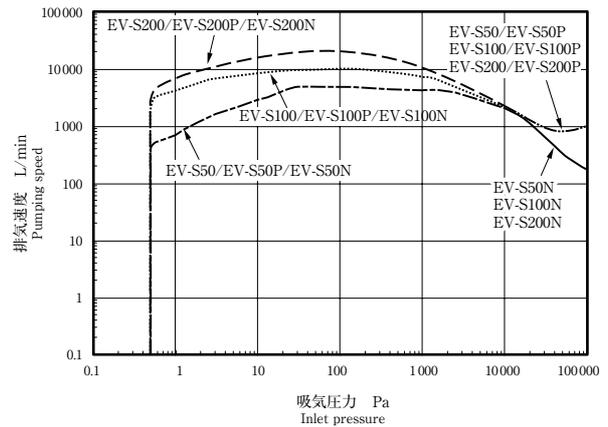


図2 排気性能曲線 (EV-S50/EV-S100/EV-S200)
Fig. 2 Performance curves for model EV-S series vacuum pumps

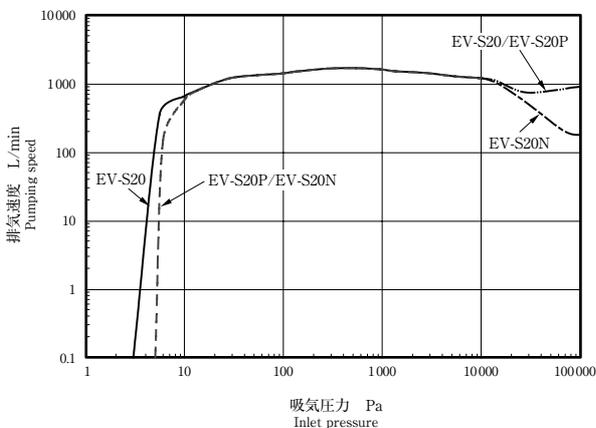


図1 排気性能曲線 (EV-S20)
Fig.1 Performance curves for model EV-S series vacuum pumps

は従来機種に対して各ユーティリティを更に削減した。その詳細を説明する。

消費電力の低減については、圧縮動力の削減とモータ効率の向上を行った。本ポンプはルーツ型の容積移送式真空ポンプであり、真空から大気まで数段に分けてガスを圧縮して排気する。本ポンプでは各段の圧縮比を最適化して、圧縮動力削減による消費電力低減を実現した。また、各段の圧縮比を最適化するにあたり、排気速度を確保するとともに、機械的損失を最小限に抑えた回転速度設定を行った。

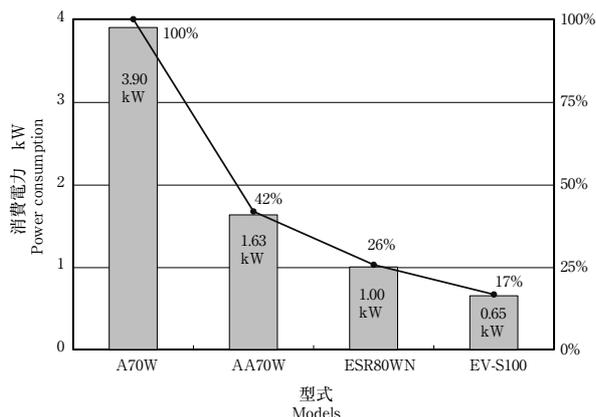


図3 消費電力
Fig. 3 Power consumption of dry vacuum pumps

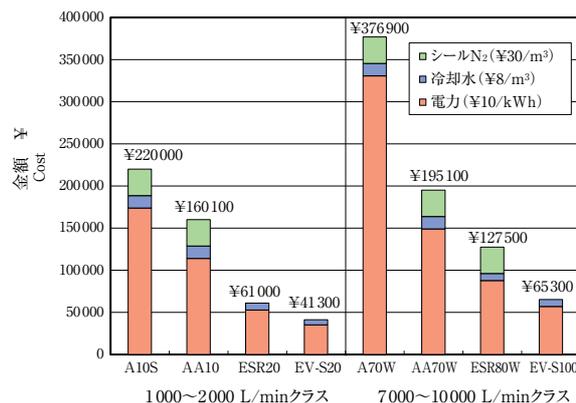


図4 ユーティリティコスト
Fig. 4 Utilities cost of dry vacuum pumps

当社では従来から消費電力低減のためにブラシレス直流モータを採用してきたが、今回新シリーズを開発するにあたり、モータ鉄心の材料変更や巻き線の改良を行い、モータ効率を向上させた。

参考としてEV-S100と従来機種消費電力を図3に示す。前シリーズのESR80WNから更に35%の消費電力低減を実現した。EV-S100以外の機種についても同様に従来機種よりも消費電力を低減した。

また、プロセスガスを流さないアイドリング運転時には、回転速度を下げて電力の消費を抑える機能も備えた。半導体製造装置等からの外部信号により、アイドリング運転と通常運転の切り替えを可能とし、装置側の運転状況に合わせてポンプを運転できるようにした。

ポンプの冷却水は主に軸受やギヤの潤滑油と電装品の冷却のために使用されている。しかし、潤滑油や電装品自身の発熱は微小であり、大半は排気するガスの圧縮熱が影響している。本ポンプは各段の圧縮比の最適化によりポンプの発熱量は格段に小さくなったため、冷却水流量の低減も可能になった。

当社のドライ真空ポンプは、反応性ガスによる潤滑油の劣化や腐食を防ぐために窒素による軸シールと吸入ガスの希釈を行っている。反応性や腐食性のない清浄なガスの排気向けの仕様「EV-S**」をラインナップしたことでN₂不要を可能にした。

真空ポンプのユーティリティ（消費電力・冷却水・窒素）を年間のコストに表したものを図4に示す。ユーティリティコストはいずれの機種においても、電力コストが大半を占めている。このため消費電力の削減がポンプ全体のユーティリティコスト削減に非常に有効であるといえる。排気速度7000~10000 L/minクラスのポンプで比較する

と、図3に示したようにESR80WNの消費電力が1.0 kWであったのに対し、EV-S100は0.65 kWであり、消費電力を35%削減した。また、排気速度1000~2000 L/minクラスでは、窒素不要タイプがあるESR20と比較しても、電力で33%、冷却水で25%削減をした。その他の機種（EV-S50、EV-S200）についても同様に従来機種よりユーティリティ使用量を削減し、環境負荷を大幅に低減させた。

3-2 省フットプリント化

半導体の製造は300以上の工程数からなり、そこで使われる真空ポンプの数も非常に多い。そのためポンプの省フットプリント化は工場内の敷地面積を有効に利用する上で非常に重要な課題である。特に装置幅に合わせて複数のポンプを並べて設置することが多いため、幅を小さくすることが重要である。また、半導体製造装置においても装置-ポンプ間の配管抵抗を小さくするために装置内部にポンプを設置する場合があります。小型化は重要である。

省フットプリント化を実現するため、ポンプモジュールの小型化と計装品のレイアウト改善を行った。ポンプモジュールの小型化では、ケーシングや軸受周辺部品の形状及び配置を見直した。計装品のレイアウト改善の一例としては、制御盤をポンプの上に設置したことがあげられる。ポンプからの熱に対しては、ポンプ-制御盤間に水冷式の冷却板を設置することで熱遮蔽を行っている。参考として、排気速度10000 L/minクラスのフットプリントの比較を図5に示す。従来機種ESR80WNに比べ53%の省フットプリント化を実現した。本ポンプはロータ形状の最適化と回転速度の見直しにより、従来の排気性能を維持しつつ小型化した。高さについても従来機種

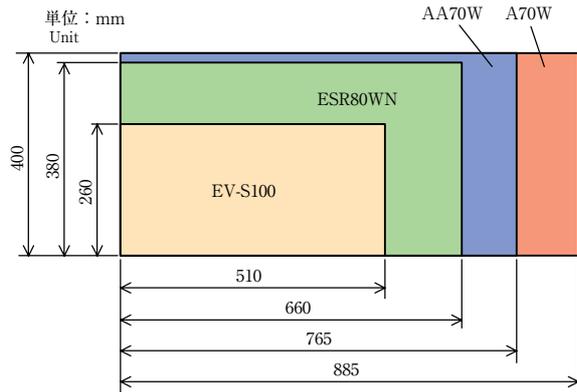


図5 フットプリント
Fig. 5 Foot print

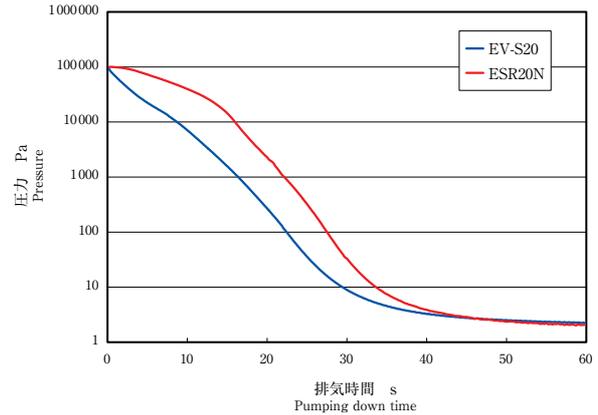


図6 排気時間
Fig. 6 Pumping down time



写真2 ポンプ寸法
Photo 2 Pump size

10-75 02/227

より低く、非常にコンパクトなポンプにした。参考として従来機種との寸法比較を写真2に示す。

3-3 排気時間の短縮

大容量チャンバの排気等でポンプに大流量のガスが流された場合、ポンプ各段の排気速度の違いによりポンプ内部が過圧縮になる。それにより圧縮動力が増加して過負荷防止の回転速度制御がかかり回転速度が低下する。本ポンプは容積移送式のため、回転速度低下により排気速度が低下する。その結果、チャンバの排気時間が長くなり、半導体や液晶の製造リードタイムを長くしてしまうことになる。この対策として本ポンプでは過圧縮防止機構を設けた。メインポンプの各段の中で圧縮比が高い箇所はその機構を設けて、過負荷による回転速度低下を抑制させた。これにより排気時間を短縮することができた。図6に50 Lチャンバを排気した時の排気時間を示す。

過圧縮が最も大きい排気開始直後において、従来機種のESR20Nよりも格段に排気時間が早くなっていることが分かる。排気時間の短縮は、ロードロックのように、真空チャンバを大気圧から排気することを繰り返す場合に有効であり、ポンプの用途を考慮して、「EV-S**」と「EV-S**P」にだけ過圧縮防止機構を採用した。

4. 保護機能

半導体製造工程の途中でのドライ真空ポンプの突然停止は、ウェーハの品質に大きく影響を与える。工程の途中でのポンプの停止を回避するために、ポンプの異常を2段階に分けてユーザーに事前に知らせる保護システムを備えた。その2段階保護システムは警報（ワーニング：運転継続可能な小さな異常）と故障（アラーム：運転継続上問題のある異常）であり、これらは従来機能を踏襲している。警報及び故障を検知するために、いろいろなセンサを装備している。図7にシステムフローを示す。各センサにより冷却水やN₂の流量、ポンプ温度、電力、回転速度などのポンプの状態を常に監視している。表2に保護機能一覧を示す。

故障により万一ポンプが停止した際、故障原因を迅速に解明できるように、ポンプ運転の履歴管理機能を備えた。警報又は故障が発生した時に警報・故障の種類と発生した日時のデータが自動的に制御盤内のメモリに保存される。また、故障発生時には、ポンプが故障に至るまでの一定時間の運転状態データ（各センサで収集したポンプ温度、回転速度、電力など）が同時に保存される。これらの運転状態データから故障原因の解析を容易に行うことができ、その解析結果に基づいて適切な対策を講ずることができる。

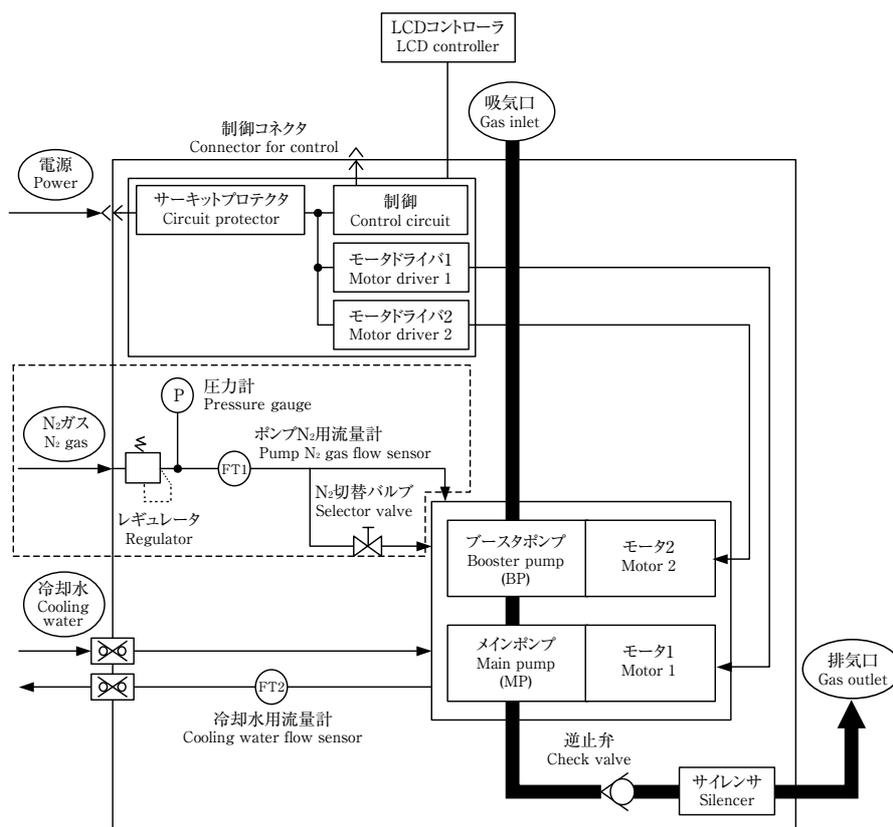


図7 システムフロー
Fig. 7 System flow

表2 保護機能一覧
Table 2 List of protective function

現象 Symptom	検出器 Detector	保護機能 Protective function
ケーシング温度上昇 Rise in casing temperature	ケーシング熱電対 Thermocouple for casing	警報 Warning
モータコイル温度上昇 Rise in motor coil temperature	モータコイル熱電対 Thermocouple for motor coil	
操作盤内温度上昇 Rise in controller temperature	操作盤内サーミスタ Thermistor for controller	
冷却水流量低下 Decrease in water flow	冷却水流量計 Cooling water flow sensor	
ポンプN ₂ 流量低下 Decrease in N ₂ flow	ポンプN ₂ 用流量計 Pump N ₂ gas flow sensor	故障 Alarm
ポンプ負荷上昇 Overload	モータ電流検出器 Motor current sensor	
モータ温度上昇 Rise in motor temperature	モータサーモスタット Motor thermostat	
ケーシング温度上昇 Rise in casing temperature	ケーシング熱電対 Thermocouple for casing	
モータコイル温度上昇 Rise in motor coil temperature	モータコイル熱電対 Thermocouple for motor coil	
冷却水流量低下 Decrease in water flow	冷却水流量計 Cooling water flow sensor	

5. 通信機能

ポンプの運転管理をするためには運転状況や警報・故障履歴等のデータが必要となる。ポンプ制御盤には通信機能 (RS232C) を搭載しており、これらのデータをポンプの保守管理や遠隔でのポンプ監視等に使用できるようにした。更にポンプの集中監視を行う場合、RS232C-イーサネット変換器をオプションとして用意している。なお、これら通信機能は従来機種との互換性をもっている。

6. おわりに

ドライ真空ポンプは、半導体や液晶パネル市場に投入されてきたが、いずれの市場においても環境負荷低減に対する要求は厳しくなっている。当社は、ユーティリティ (電力・冷却水・窒素) のコスト削減と省スペース化を実現した製品を開発した。今後も市場の動向を捉え、ニーズに応えられる製品開発を続ける所存である。