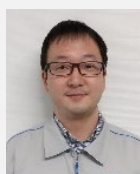


Readoutは、HORIBAが発行する技術情報誌です。「Readout」という名前には、当社が独自に開発した製品や技術の情報を提供することで、読者の皆様に当社の製品や技術を理解していただきたいという、私たちの真摯な思いが込められています。

高温対応静電容量型隔膜真空計VG-500シリーズの開発



岸田 創太郎

株式会社堀場エステック
開発本部 開発3部

半導体製造プロセス用途向けの高温自己温調タイプの静電容量型隔膜真空計VG-500シリーズを開発したので報告する。半導体製造プロセスでは、材料ガスの供給圧力やプロセス圧力を正確に測定しコントロールすることは、製品の性能や歩留りを左右する非常に重要なファクタである。VG-500シリーズは100℃から200℃の温度範囲で自己温調が可能であり、使用される材料特性に合ったセンサ温調温度を選択することが出来る仕様となっている。このことにより、センサ部分への材料ガスの結露や熱分解を抑制することができ、長期にわたって正確な圧力測定を行えることが可能となった。また、独自の断熱・放熱構造を採用することで、環境温度が高温である場合や、真空計の取り付けられるチャンバ温度が高温に温調されている場合でも安定した圧力測定ができる。開発したVG-500シリーズは半導体製造プロセスの圧力測定に対して幅広く用いられることが期待できる。

はじめに

半導体製造プロセスにおいてプロセス中の圧力を測定・管理することは非常に重要である。また近年では半導体の微細化や立体化が進むと共に様々な低蒸気圧材料が用いられるようになってきている。蒸気圧が低い材料ガスを用いる場合、気化した原料が結露や熱分解を起こすことを防ぐために、ガス輸送経路の加熱が必要だけでなく、そのような環境で使用される真空計においても、センサ部が正確な温度で調整されることが求められる。また、材料ガスの中には腐食性が強いものもあり、センサ部の耐食性も重要となる。半導体製造向けの真空計に対する、このような過酷な環境下での使用における耐久性へのニーズの高まりを受けて、VG-500シリーズを開発した。

製品概要

Figure 1にVG-500シリーズの外観とTable1に主な仕様を示す。



Figure 1: VG-500シリーズの外観

測定圧力レンジ	133 Pa	1.3332 kPa, 13.332 kPa, 133.32 kPa
温調温度	100℃~200℃	
精度	0.5 %R.S.	0.3 %R.S.
使用周囲温度範囲	10℃~50℃	
接ガス部材	Ni合金, SUS316L	
通信	Ether-CAT / Analog output	

Table 1: VG-500シリーズの主な仕様

センサ部の温調温度はユーザーによって1℃刻みに指定できる仕様であり、材料ガスの特性やチャンバ温度に合わせた温調温度で使用できる。また、独自の断熱・放熱構造を採用することにより、ファンなどの冷却機構を必要とせず、周囲環境温度50℃まで使用できるものとなっている。感圧部となるダイヤフラムには耐食性と機械的特性に優れたNi合金を採用し、半導体レーザーを用いた精密溶接によって接合することにより、高精度・高耐圧・高信頼性を実現した。通信仕様としては最新の半導体製造装置にも既設の装置にもどちらにも対応できるように、Ether-CAT通信とアナログ出力のどちらも使用可能な設計とした。

放熱・断熱構造

センサ部は最高200℃まで加熱される一方で、センサ近傍に設置される基板は電子部品の保護という観点から、可能な限り放熱し温度上昇を抑える必要がある。この2つの要求を達成するために独自の断熱・放熱構造を採用した。Figure 2にVG-500の断面構造図を示す。

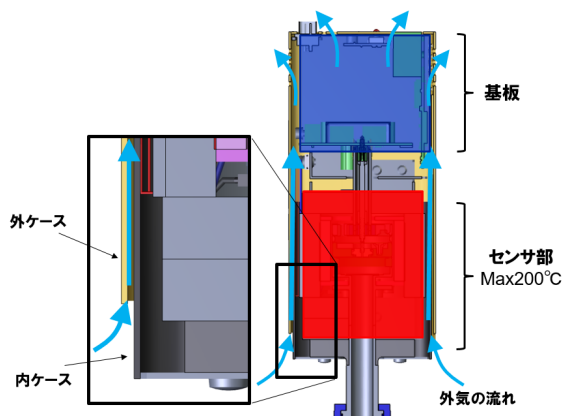


Figure 2: VG-500断面構造図

ケースは内ケースと外ケースの2重構造とし、その間には1 mm程度のわずかな隙間ができるように設計した。外ケースには放熱性の高いアルミを、内ケースには断熱性と熱容量を大きくするためにステンレスを採用し、それぞれ放熱と断熱の役割を持たせるようにした。また真空計の側面に位置する部分に下向きの開口部を持たせた。センサが加熱されることにより、ケース側面に上昇気流が発生し、その流れによって外気が内ケースと外ケースの間に積極的に取り込まれることを狙っている。基板についてもアルミ製の内ケースに添わせて取り付けのような構造とし、基板と内ケースの接触面積を大きくすることによって、電子部品自体の発熱や加熱されたセンサから伝わる熱をケースへ伝わりやすくしている。

開口部から取り込まれた外気は、内ケースと外ケースの間を上昇していく過程で、外ケースや基板を取り付けている内ケースから熱を奪いながら、センサ上部のスリットから抜け出るような流れとなっており、熱対流を利用したこれまでにない効率的で優れた放熱設計となっている。この様にケースの構造を工夫することによって、センサが200℃に加熱された状態で、周囲環境温度が50℃という高温状態においても、ファンなどの冷却機構を必要とせずに高精度な圧力計測ができる真空計を実現することができた。

性能評価

Figure 3にフルスケール1.3332 kPa、200℃加熱仕様の圧力出力特性の評価結果と、Figure 4に周囲環境温度影響の評価結果を示す。圧力精度に関しては読み値(Reading Scale)の0.1%以下であり、良好な圧力出力特性であることが確認できた。また周囲環境温度が使用温度範囲である10℃から50℃に変化した場合においても、ゼロ点からフルスケールの間で出力シフト傾向は0.1%程度であり、周囲環境温度に対しても安定であることが確認できた。

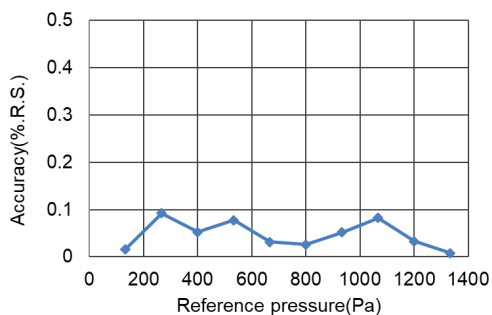


Figure 3: 圧力出力特性

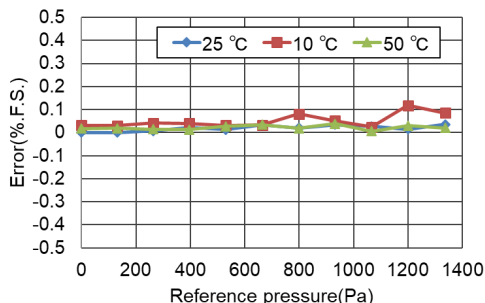


Figure 4: 周囲環境温度影響

Figure 5に同仕様のサンプルを用いて、真空と大気開放を繰り返し印加した時の出力シフト傾向の評価結果を示す。

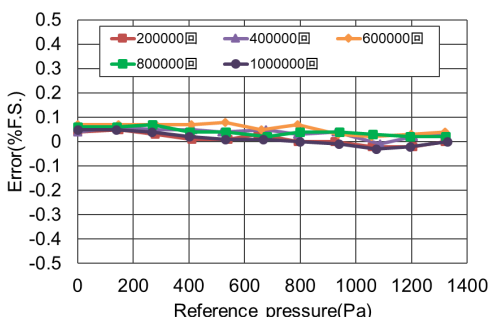


Figure 5: 圧力サイクル試験結果

真空と大気開放を100万サイクル繰り返し印加した場合において±0.1%以内の出力シフト傾向であり、過酷な使用条件においても良好な安定性を維持できていることが確認できた。

外乱影響評価

実際の使用環境ではチャンバや配管への材料ガスの結露を防ぐために、ユーザーによって真空計の継手配管部分まで高温で温調されることが予想される。また半導体製造装置筐体内のパーティのために設置されたファンなどの近傍に真空計が取り付けられることもあり、真空計が外乱影響を受けた場合においても、安定で正確な圧力測定を実現することが求められる。Figure 6にフルスケール1.3332 kPa、180 °C温調仕様の真空計の継手配管部を180 °Cに加熱した時のゼロ出力安定性を、Figure 7に同仕様のサンプルに1.0 m/sの風を当てたときのゼロ出力安定性を示す。

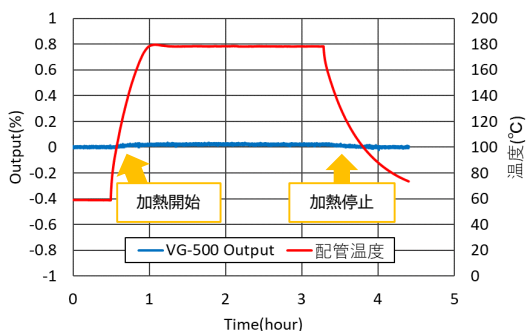


Figure 6: 継手配管加熱影響

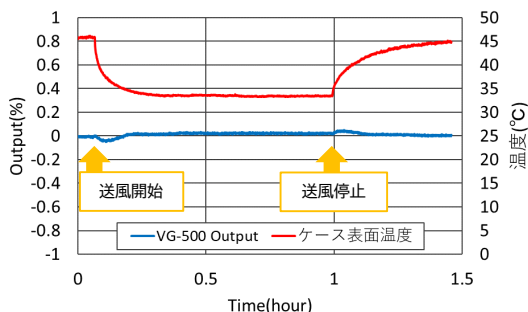


Figure 7: 1.0 m/sの風を当てたときの出力安定性

いずれの外乱影響においても出力シフト傾向は0.1 %以下であり、実際の使用環境において安定した圧力測定ができることが確認できた。

おわりに

今回紹介した高温対応静電容量型隔膜真空計VG-500シリーズは、独自設計の断熱・放熱構造を有し、過酷な使用環境下でも安定した圧力測定を可能とした。これにより、半導体製造プロセスとりわけCVD(化学気相蒸着: Chemical Vapor Deposition)やALD(原子層堆積: Atomic Layer Deposition)などの成膜プロセスに対して、材料ガスの供給圧力からチャンバ内のプロセス圧力まで幅広く高精度な圧力測定ができるものと考えている。

自動車の電動化、通信網の高速化、データセンタの市場拡大などに伴って、半導体デバイスは今後更なる微細化や省電力化が進められていくことが予想される。堀場エステックはこれまで流体制御機器のトップサプライヤーとしてマスフローコントローラを半導体製造装置市場向けに販売してきた。今後は今回報告した静電容量型隔膜真空計やチャンバ状態モニタできる四重極質量分析計、さらには低蒸気圧材料のガス濃度を高精度にコントロールできるプロセスガス濃度コントローラなど、半導体製造プロセスに関わるモニタやコントローラを開発し、半導体産業に貢献していきたいと考えている。

HORIBA グループはSEMICON® China 2021に出展します。

半導体製造・研究開発プロセスでの課題に対して、制御や管理、評価に加え、施設監視や半導体を搭載するスマートモビリティ開発に貢献できるHORIBA独自の制御・計測・分析ソリューションをご紹介します。

会期: 2021年3月17日-19日
場所: Shanghai New International Expo Centre
HORIBA Booth No: 2425

[こちら](#)をクリックし、HORIBAグループの半導体関連製品とソリューションの詳細をご覧ください。

**SEMICON®
CHINA**

お問い合わせ先:

株式会社堀場エステック
京都市南区上鳥羽鉾立町11-5

こちらのQRコードから
お問い合わせください→



「2021堀場雅夫賞」募集開始

対象テーマは「ライフサイエンス分野の分光分析・計測技術」

皆様からの応募をお待ちしております。詳細は本賞ホームページをご覧ください。→ <https://www.mh-award.org/>



株式会社堀場製作所 産学官連携推進室

〒601-8510 京都市南区吉祥院宮ノ東町2番地

E-mail: readout@horiba.co.jp



<https://www.horiba.com/us/en/publications/readout/>

HORIBA