

サファイア材料をMEMS加工することで課題解決した サファイア隔膜真空計 形V8

アズビル株式会社*

*アドバンスオートメーションカンパニー 戦略商品開発部 神奈川県藤沢市川名 1-12-2
*Strategic Products Development Department, Advanced Automation Company, Azbil Corporation, 1-12-2 Kawana, Fujisawa, Kanagawa, Japan
*URL: <https://www.azbil.com/jp/>

キーワード：容量式隔膜真空計 (Capacitive diaphragm gauge), サファイア (sapphire), 半導体製造装置 (Semiconductor manufacturing equipment).
JL 0010/23/6210-0638 ©2023 SICE

1. はじめに

半導体プロセスは日々進化しており、成膜・エッチングにおいても、使用ガスの種類が増加している。隔膜真空計はその圧力計測に使用される。これらのガスは腐食性ガスである場合が多く、反応ガスの固化による堆積を防ぐために高温に加熱しておく必要がある。隔膜真空計はこれらの過酷な環境下でも正確な計測が要求される。

アズビルではこの課題を解決するための隔膜真空計を開発・販売してきたが、新たな課題も見えてきた。その課題を解決するために製品設計を全面的に見直した形 V8 を開発したので紹介する。

2. サファイア隔膜真空計の概要^{1), 2)}

サファイア隔膜真空計は感圧ダイアフラムに単結晶サファイアを使用し高精度、高耐食性、高信頼性、小形、軽量を実現した製品である。

2.1 サファイア材料

サファイアは結晶構造にコランダム構造をとる、無色透明な $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ^(注1) の単結晶のことをいう。耐酸、耐アルカリ性に優れ、高温にも耐えられる。また単結晶であるため機械的特性にも優れる。その反面加工が非常に難しい材料でもある。当社ではサファイアをエッチングする技術や、耐食性や耐熱性を落とさずにサファイア同士、およびサファイアと金属を接合する技術の開発に成功し、実用レベルの商品を開発することができた。

2.2 サファイアセンサチップ

図 1 にサファイアセンサチップの模式断面図を示す。

センサチップは感圧ダイアフラムとコンデンサを形成するためのキャビティをもつ台座部で構成され、どちらもサファイアを使用している。キャビティはドライエッチングで形成される。ダイアフラムと台座部のサファイア同士の接合は耐食性、耐熱性を落とさない直接接合で接合されている。センサの大きさは約 10 mm 角、ダイアフラムの直径は約 8 mm である。

ダイアフラムと台座部には対向した金属電極が形成さ

れており、感圧容量 CX と参照容量 CR の 2 つの容量を構成している。感圧容量と参照容量について $(CX-CR)/CX$ の計測をすることで材料の熱膨張による温度特性を抑えることができ、誤差の少ない圧力計測ができる。

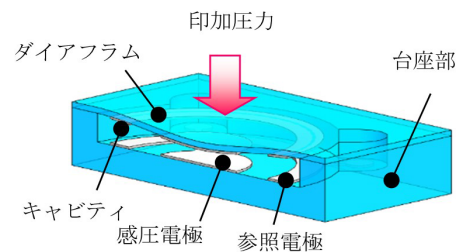


図 1 センサチップ模式断面図

3. 形 V8 での課題解決

図 2 は当社が開発した製品 形 V8 である。

本製品は、MEMS^(注2) 技術を駆使し、ダイアフラム構造の最適化設計を行うことで、耐デポ性能を従来品より大幅に改善することに成功した。また 250°C の高温まで使用可能な分離形をラインアップに追加し、ALD 装置^(注3) などの次世代材料に要求される高温化に対応した。

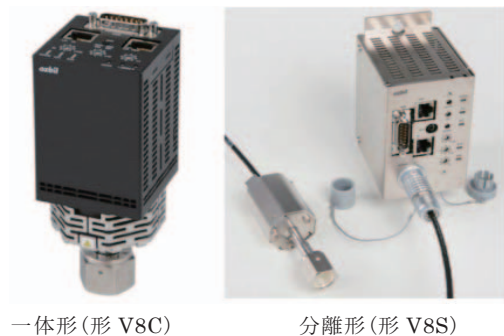


図 2 新開発製品

(注1) Al_2O_3 とは酸化アルミニウムのこと。

(注2) MEMS とは「Micro Electro Mechanical Systems」の頭文字をとったもの。

(注3) ALD 装置とは、原子層堆積法 (Atomic Layer Deposition) によりナノスケールの薄膜を形成する装置のこと。

3.1 デポによるゼロ点シフト課題を解決

真空計は、ダイアフラム上に膜が形成されてしまうデポと呼ばれる現象が発生することがあり、ゼロ点がシフトする現象が多く確認されている。

図3に示すように、形V8はMEMS加工技術を活用し、ダイアフラムに幅約6 μm の微細な溝を形成した。典型的な成膜プロセス中のガスの平均自由行程はおおよそ50 μm 程度であり、これよりも狭い幅約6 μm の空間にガス分子が侵入する確率は急激に下がる。この効果により溝内で堆積が起きにくくなることを利用して堆積膜を分断して、ダイアフラムへの影響を抑制し、シフト量を従来比1/10に低減した。

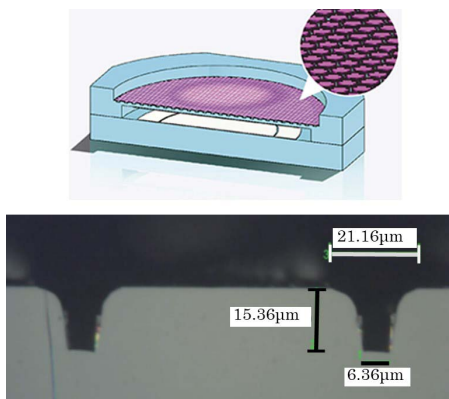


図3 凸凹センサダイアフラム，断面図

図4に、当社で実施したSiO₂プロセスにおけるデポシフトの評価結果を示す。フラットダイアフラムに対して、デポによるシフト量を大幅に低減することができた。

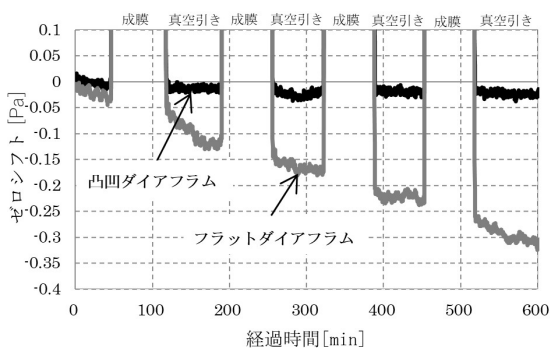


図4 凸凹ダイアフラムのデポシフト評価結果

3.2 装置の高温化の課題を解決

従来の真空計は、センサ部と電気処理部（電子基板）が一体構造になっているため、センサ部は200 $^{\circ}\text{C}$ 程度までしか加熱することができなかった。

形V8は、センサ部と電子基板を分離して、かつ、センサ部を耐熱部品で構成することで、250 $^{\circ}\text{C}$ まで対応できるようにした。

図5に、分離形モデル（形V8S）のセンサ温度特性（ゼロ点）の計測結果を示す。当社独自の温度補正アルゴリズムを採用し、45~250 $^{\circ}\text{C}$ の広い温度範囲でも誤差の少ない計測を可能にした。

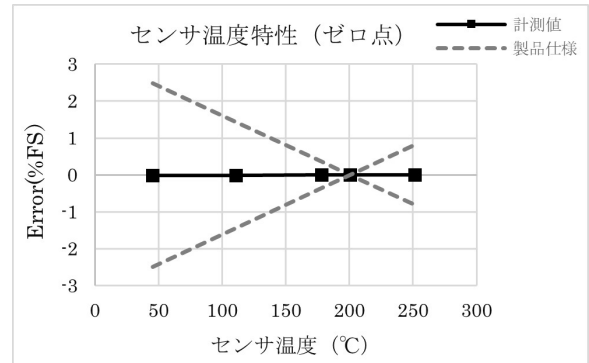


図5 分離形（形V8S）のセンサ温度特性

3.3 応答速度の高速化

図6に、形V8Sと当社従来品の応答試験結果を示す。従来品は、圧力変化に対する応答性が、20ms程度であるが、形V8は、高速信号処理を行うことで、1msの応答を実現した。

真空計の高速化により、今まで計測できなかったチャンバー内圧の過渡応答を明確に把握することができる。

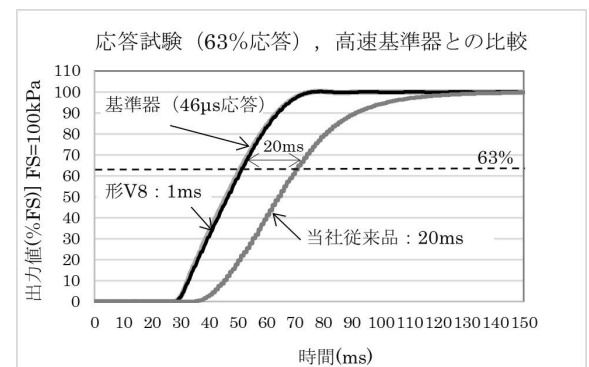


図6 応答試験結果（応答基準器との比較）

4. おわりに

今回紹介したサファイア隔膜真空計 形V8は、進化する半導体プロセス装置のニーズに合わせて、価値提供できる製品を目指して開発した。今後、さらに特長ある製品を開発し、お客様に価値を提供していきたい。

(2023年6月28日受付)

参考文献

- 1) 石原卓也：小型化、プロセス耐性を高めたサファイアリニューアル真空計の開発，azbil Technical Review, 2023年4月発行号 (2023)
- 2) 関根，石原，差波，谷：サファイア高温隔膜真空計のセンサ素子・パッケージ開発，azbil Technical Review, 2011年1月発行号 (2011)