

平成20年度戦略的基盤技術高度化支援事業

**「広領域で耐環境性の優れたマイクロ圧力センサの
開発及び真空計測・制御システムへの応用」**

研究開発成果等報告書

平成21年3月

近畿経済産業局

財団法人関西情報・産業活性化センター

「広領域で耐環境性の優れたマイクロ圧力センサの開発及び真空計測・制御システムへの応用」プロジェクト

目 次

1) 研究の背景	2
2) 研究目的及び目標	2
3) 成果概要	3
3. 1) 平成18年度成果概要	3
3. 2) 平成19年度成果概要	3
3. 3) 平成20年度成果概要	4
4) 総括	5

プロジェクト名	広領域で耐環境性の優れたマイクロ圧力センサの開発及び 真空計測・制御システムへの応用								
1) 研究の背景	(研究の背景) 発熱体からの熱損失が周囲気体の圧力(気体分子密度)によって変化する現象を利用した熱伝導型真空計は、比較的簡単な計測回路で真空圧力が測定でき、大気圧中で作動させても破損しないという特長を持っている。しかし、一般に普及している白金細線を用いたピラニ真空計の測定領域は$10^{-1} \sim 10^3 \text{Pa}$と比較的狭く、センサに用いる白金細線の感度および応答速度が不十分であるため、変化の緩やかな真空圧力の計測のみに用途が限られる。真空環境を用いた半導体生産設備の圧力計測器には広領域・高速応答が求められており、熱伝導型真空計をこのような環境で用いるためには、さらなる測定領域拡大、耐久性・応答性および堅牢さの向上が必要である。また、半導体等生産工程で使用される真空容器(チャンバ)内の時間的・位置的な圧力分布および圧力分布の時間的変動の確認については、センサ寸法の制約から真空容器内の任意の位置にセンサを配置できないため、机上のシミュレーションに留まっており、実状の確認手段が求められている。								
2) 研究目的及び目標	(研究の目的および目標) 本プロジェクトにおいては申請者らが新たに開発した化学的に安定で高温耐性のあるTaAl-N 薄膜材料をもとに、微細加工技術を活用して熱伝導型の超小型マイクロ圧力センサを開発し、広領域・高速応答・制御機能を有する真空計測器を実現化することにより真空環境内の圧力計測、及びガス流量計測を行い、最適な真空環境を制御する。さらに真空を利用した電子デバイス加工装置等に適用し、それらの低コスト化、生産性の向上を実現化する。具体的な目標として、①広領域・高速応答の超小型マイクロ圧力センサ②大気から高真空まで計測できる真空計測器③真空環境を制御できる真空制御機器の試作品開発を行う。目標を達成するためのサブテーマとその目標値を表1に示す。 表1 目標を達成するためのサブテーマと目標値 <table border="1"> <thead> <tr> <th>サブテーマ</th><th>目標値</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. 薄膜材料の開発</td><td>1・1 抵抗温度係数：(-)15000ppm/°C以上 1・2 耐熱温度：500°C以上</td></tr> <tr> <td>2. センサ構造試作・評価</td><td>2・1 感応部寸法：100 μm×100 μm×0.3 μm以下 2・2 応答速度：500msec以下</td></tr> <tr> <td>3. 実用化のための商品開発</td><td>3・1 測定領域：$10^{-3} \sim 10^5 \text{Pa}$ 3・2 センサアレイ構造、測定回路の確立</td></tr> </tbody> </table>	サブテーマ	目標値	1. 薄膜材料の開発	1・1 抵抗温度係数：(-)15000ppm/°C以上 1・2 耐熱温度：500°C以上	2. センサ構造試作・評価	2・1 感応部寸法：100 μm ×100 μm ×0.3 μm 以下 2・2 応答速度：500msec以下	3. 実用化のための商品開発	3・1 測定領域： $10^{-3} \sim 10^5 \text{Pa}$ 3・2 センサアレイ構造、測定回路の確立
サブテーマ	目標値								
1. 薄膜材料の開発	1・1 抵抗温度係数：(-)15000ppm/°C以上 1・2 耐熱温度：500°C以上								
2. センサ構造試作・評価	2・1 感応部寸法：100 μm ×100 μm ×0.3 μm 以下 2・2 応答速度：500msec以下								
3. 実用化のための商品開発	3・1 測定領域： $10^{-3} \sim 10^5 \text{Pa}$ 3・2 センサアレイ構造、測定回路の確立								

3) 成果概要	成果概要
3. 1) 平成18年度	＜平成18年度＞ 平成18年度においては、高 TCR 材料の検討および新方式の回路検討などを中心に行った。 ①センサ材料の高 TCR 化 TaAl-N 薄膜センサ材料において、成膜時の窒素分圧の検討により、$R_N = F(N_2) / \{F(Ar) + F(N_2)\} = 67\%$ の条件において 200℃における TCR 値が(-)15000ppm/℃となり、目標値を達成した。 ②新センサ材料の検討 Ta の代替として種々の窒化物系薄膜の検討を行った。このうち NbN と AlN との複合である NbAl-N 薄膜が TaAl-N 薄膜に代わる候補になりうることを確認した。 ③新方式回路検討 従来よりも低い圧力領域への感度を向上させるために新方式回路を開発した。目標値である 10^{-3}Pa 以下が計測可能な計測器の開発に目処をつけた。
3. 2) 平成19年度	＜平成19年度＞ 平成19年度においては、平成18年度で得られた高 TCR 薄膜材料を用いたセンサの開発および回路検討などを行い、広領域真空計試作品を完成させた。 ①ポリイミドフィルムセンサの開発 ポリイミドフィルムを基板として用いた TaAl-N 薄膜センサの作製方法を確立した。 ②TaAl-N 薄膜の耐熱性評価 TaAl-N 薄膜について 500℃までの耐熱性を比抵抗の変化および XRD チャートの変化により評価した。この結果室温～500℃の履歴の有無による比抵抗の変化および XRD チャートの変化は見られなかった。 ③新規薄膜材料の開発 原子組成比で Nb:Al=3:1 の複合ターゲットを出発材料とした反応性高周波マグネトロンスパッタ法により NbAl-N 薄膜を作製した。その結果 NbAl-N 薄膜は TaAl-N 薄膜の代替材料候補として、本事業で開発したセンサ用サーミスタとして用いることができる可能性があることが分かった。 ④傍熱型駆動方法の開発 10^{-3}Pa 台の圧力ではセンサ抵抗値が測定可能な状態まで落ち着くのに長い時間を要するため、今年度は裏面より Ni 薄膜を加熱用ヒータとして用い、TaAl-N 薄膜を温度検出用センサとしてのみ使用する傍熱型へ切り替えた。 ⑤広領域試作品のセンサパターン検討 センサ駆動方式を自己発熱型から傍熱型に変更し、センササイズ $1 \times 0.5\text{mm}$ と $5 \times 2.5\text{mm}$ を検討した。その結果、1×10^{-3} Pa でのセンサ抵抗値に対する 1×10^{-2}Pa でのセンサ抵抗値の変化率はセンササイズ $5 \times 2.5\text{mm}$ の方が $1 \times 0.5\text{mm}$ の3倍となった。この結果より、今年度プロトタイプ試作において用いるセンササイズとして $5 \times 2.5\text{mm}$ を採用した。

3. 3) 平成20年度	⑥センサ部組立、エージング条件の決定 センサ部組立に関し、センサエージングをはじめとして種々の検討を行った。その結果、フランジ固定タイプや18mmφ筒型タイプなどユーザーからの要求に応じた形状のセンサ部の量産が可能となる目処をつけた。 ⑦広領域真空計の仕様の決定 展示会などの外部発表において得たユーザーからの声を元に広領域真空計の仕様を決定した。 ⑧広領域真空計制御回路の検討 センサ計測回路として 1)自己発熱型センサ用回路から傍熱型センサ回路への修正 2)CPU による PID ソフトウェア制御 3)温度補償機能の開発を行った。この結果、プロトタイプにおける広領域真空計計測回路を完成させた。 ⑨広領域真空計試作品の完成 外部機関での評価による妥当性確認を行うため、広領域真空計試作品 15 台を完成させた。 <平成20年度> 平成20年度においては、平成19年度に完成した広領域真空計試作品の量産化に向けた検討などを中心に行った。 ①Ta-Al 複合ターゲットによる TaAl-N 薄膜の作製 TaAl-N 薄膜特性の安定化・再現性向上を図るため、従来のチップターゲットに替えて、Al 組成比 25at%の Ta-Al 複合ターゲットにより、R_Nを調整するのみで幅広い室温比抵抗を有する種々の TaAl-N 薄膜が作製できることが分かった。 ②極薄ポリイミドフィルムを用いた TaAl-N フィルムセンサの確立 極薄ポリイミドフィルムを入手し、ハンドリング改善による TaAl-N 薄膜センサ作製技術を確立した。 ③センサ応答性の評価 極薄ポリイミドフィルムを用いた TaAl-N 薄膜センサにおいてプロジェクト目標値である応答速度 500msec を達成した。 ④広領域真空計の回路特性改善 1)発振回路用オペアンプの変更 2)筐体、基板の構造変更 3)過電流保護回路の追加により広領域真空計の回路特性を改善した。 ⑤TaAl-N 薄膜抵抗値の経時変化評価 近傍にプラズマが発生する環境において 3 ヶ月経過後も、抵抗値ならびに定温度動作 (150℃) 時の投入電力の圧力依存性についても初期の状態からほとんど変化が見られないことがわかった。 ⑥製品化試作品の完成 センサ基板および制御回路を改善することにより、製品化試作品を完成させた。
---------------------	---

⑦圧力分布計測ならびに制御システムの開発

16ch までの計測回路を開発した。TaAl-N 薄膜センサを用いて真空チャンバ内の圧力分布の計測・制御の可能性を示すことが出来た。

⑧超小型熱伝導型マイクロセンサの完成

シリコンプロセスによるマイクロヒータ上への TaAl-N 薄膜作製技術を確立し、“超”小型の熱伝導型マイクロセンサを完成させた。

4) 総括

<総括:プロジェクト全体のまとめ>

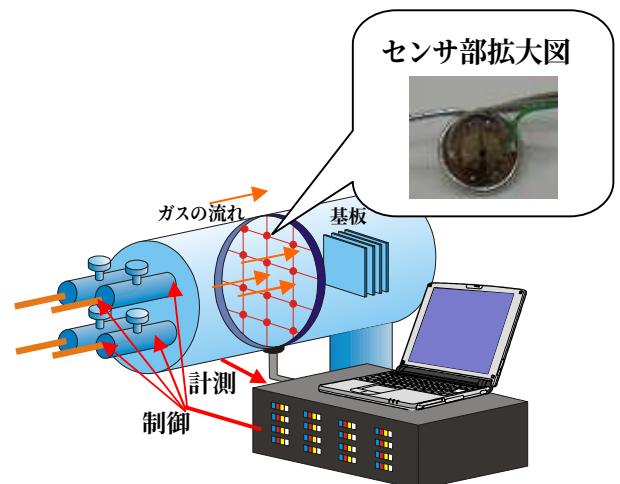
ポリイミドフィルム基板を用いた TaAl-N 薄膜センサを開発し、開発したセンサを用いて大気圧から 10^{-3}Pa を計測できる広領域真空計試作品を完成させた(図1)。広領域真空計試作品の外部評価結果をもとに、商品化に向けた開発を行った。センサの小型化を受けて、真空環境内の圧力分布を計測し、制御する真空環境制御システムの設計・開発を行った(図2)。また、シリコンプロセスによるマイクロヒータ上への TaAl-N 薄膜作製技術を確立し、“超”小型の熱伝導型マイクロセンサを完成させた(図3)。



図1.広領域真空計製品化試作品
圧力測定範囲:大気圧 $\sim 5 \times 10^{-3}\text{Pa}$



図2. 圧力分布計測・制御システム外観



圧力分布計測・制御システムイメージ図

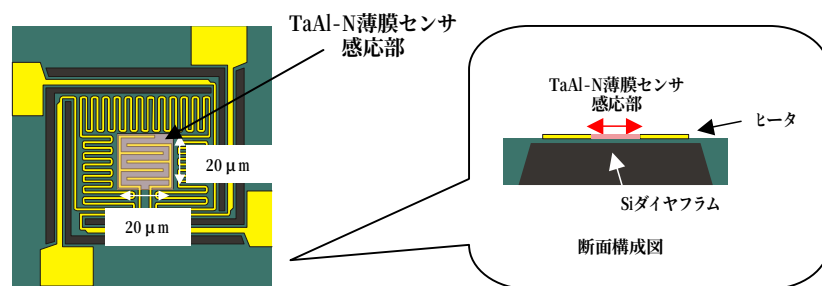


図3. 超小型熱伝導型マイクロセンサ(20 μm角)

以上の研究成果として、大気圧から 10^{-3}Pa を計測できる広領域真空計の試作品が完成し、販売できる目処をたてた。また、実際の製造工程のチャンバー内に近いダイナミックな状態(ガス流のある動的圧力状態)において異なるポイントの圧力分布の同時計測および制御の可能性を見出した。このプロジェクトにおいて14件の外部発表を行った。

連絡窓口

財団法人関西情報・産業活性化センター (担当;佐藤・小西)

連絡先 tel 06-6346-2981

fax 06-6346-2443