

**研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム**  
**FS ステージ シーズ顕在化タイプ 事後評価報告書**

研究開発課題名	: 過酷環境下での pH 計測制御を指向した堅牢性全固体ダイヤモンドトランジスタセンサの創製
プロジェクトリーダー	: 横河電機(株)
所属機関	
研究責任者	: 川原田洋(早稲田大学)

### 1. 研究開発の目的

過酷環境下(高温、高圧、強酸、強アルカリ)の製造工程を有する食品・医薬品業界等の市場ニーズであるコンタミレス(ガラスレス、KClレス)でインライン計測制御可能なpHセンサは、上市製品で現存しない。

ダイヤモンドをp型半導体として機能化させ被測定液が直接ダイヤモンド表面チャネルに接触した状態で動作させる電解質溶液ゲートトランジスタセンサ技術と、ダイヤモンド界面状態(終端元素種・密度)を制御してイオン鋭感応化/鈍感応化させるイオン感度制御技術の融合により過酷環境下コンタミレスpHセンシングが可能な堅牢性全固体ダイヤモンドトランジスタセンサを創製する。

### 2. 研究開発の概要

#### ①成果

全固体ダイヤモンドpHセンサの創製に必要な下記の技術要素課題①、②、③について研究した。いずれの課題も当初目標の達成基準を満たしており、研究活動は計画通りに遂行できた。具体的には、課題①半導体ダイヤモンドの機能化技術では、ダイヤモンドpHセンサとしてFET駆動に必要なボロンダイヤモンド膜特性(抵抗、キャリア密度等)を仕様化するとともに製造レシピ化した。課題②ダイヤモンド終端制御によるイオン感度制御技術では、ダイヤモンド表面終端状態(元素種・密度)とpH感応特性との関係を明らかにしてダイヤモンドFETセンサの水素イオン鋭感応化/水素イオン鈍感応化に関する技術を獲得した。課題③実装技術と計測系技術では、ダイヤモンド材料に好適なダイヤモンドMEMSによるFET製造プロセスを開発するとともにダイヤモンドFETセンサの差動計測技術を開発した。今回の研究成果により技術要素課題①、②、③の融合で全固体ダイヤモンドpHセンサの基本構成を具現化できたことで、全固体ダイヤモンドpHセンサの実現可能性が示された。

研究開発目標	達成度
① 半導体ダイヤモンドの機能化技術	① ダイヤ FET に必要なダイヤモンド半導体特性を仕様化するとともにその製造レシピを獲得した。当初目標基準を達成した。
② ダイヤ終端制御によるイオン感度制御技術	② ダイヤ終端元素処理することで水素イオン鋭感応 FET(作用極)、水素イオン鈍感応 FET(参照極)製造技術を獲得した。当初目標基準を達成した。
③ 実装技術と計測系技術	③ ダイヤ FET 製造に適したダイヤモンド MEMS プロセスを検討すると共に、ダイヤモンド FET 差動計測技術を獲得した。当初目標基準を達成した

## ②今後の展開

本研究により得られたダイヤモンド pH—FET センサに関する知見をもとに、今後、堅牢性全固体 pH センサの製品化を推し進める。

全固体 pH センサの市場は、潜在的な利用ニーズは非常に高いと考えられるが、センサの測定精度と信頼性及び安定性に対する要求が高いために難易度が高く、また長期にわたる開発計画が必要である。その手段としては、今後も公的な研究開発支援制度を活用し、研究開発を継続していきたいと考えている。

## 3. 総合所見

目標通りの成果が得られ、イノベーション創出が期待される。差動 FET 全個体センサーを試作し、当初の目標が概ね達成できた。pH センサとしてガラス管とほぼ同等であることが確認でき、実用化に向けて基盤をなす技術群の可能性を示す事ができた。

以上