

2026年 2月 24日



豊橋技術科学大学長 殿

電気・電子情報工学専攻  
学位審査委員会  
委員長 八井 崇



### 論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	水谷 学世		学籍番号	第 219202 号	
申請学位	博士（工学）	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 電気・電子情報工学		専攻
博士学位論文名	電界制御型グリッドによるガスセンサ検出特性の変調 (Modulation of gas sensor detection characteristics by an electric field control type grid)				
論文審査の期間	2026年 1月 15日 ～ 2026年 2月 24日				
公開審査会の日	2026年 2月 10日		最終試験の実施日	2026年 2月 12日	
論文審査の結果※	合格		最終試験の結果※	合格	
審査委員会(学位規程第6条)					
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。					
委員長	石川 靖彦				
委員	澤田 和明		野田 俊彦		
	稲田 亮史				印
		印			印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

## 論文内容の要旨

我々の生活環境には無数のガスが存在しており、その識別は安全確保や健康管理において極めて重要である。従来、高精度なガス分析にはガスクロマトグラフィーが用いられてきたが、装置の大型化や高コスト、リアルタイム計測の困難さといった課題があった。一方、小型・安価な半導体式ガスセンサは広く普及しているものの、単体では選択性が低く、特定ガスの正確な識別は困難である。複数のセンサを用いる電子鼻 (E-nose) も開発されているが、高感度かつ高選択性なセンサの多素子アレイ化は、技術的・コスト的に大きな障壁となっている。そこで本論文では、単一のガスセンサに「電界制御型グリッド」を付加し、ガスの検出特性を能動的に変調させることで、ガス識別の精度と効率を向上させることを目的としている。具体的には、センサ上部のグリッドへの印加電圧を制御して通過するガス分子に電気的な作用を及ぼし、同一ガスから異なるセンサ応答が得られるかを検証している。その結果に基づき、従来のセンサでは困難であった極性分子の判別や、化学的性質が酷似した鏡像異性体の識別への応用を検討している。

本論文は全5章で構成されている。第1章では、ガスセンシング技術の現状と課題を整理し、本研究の背景と目的、位置づけを論じている。第2章では、提案するグリッドの構造、作製プロセス、および異幅グリッドや触媒式グリッドなどの種類について詳述し、基礎的な特性評価結果を示している。第3章では、電界制御型グリッドを用いた実験系を構築し、極性分子 (アセトン、イソプロピルアルコール) と非極性分子 (プロパン) に対するセンサ応答の差異や、湿度・印加電圧の影響を検証している。第4章では、従来のガスセンサでは識別が困難な鏡像異性体 (リモネン、ピネンなど) について、グリッドが形成する電界が分子に与える影響を利用し、識別可能であることを実証している。第5章では、全体を総括し、グリッド技術がもたらすガスセンシングへの貢献と今後の展望を述べている。

## 審査結果の要旨

視覚や聴覚に比べ、定量的な統一尺度が確立されていない嗅覚センサの実用化は遅れている。ヒトの嗅覚を模した「電子鼻」は多数のセンサで識別を試みるアプローチであるが、多様な素子の開発や集積化に伴う技術的・コストの負荷が普及の大きな障壁となっている。そのため、複雑なアレイ化に頼らず、単一素子で高精度な識別を実現する技術が求められている。

多種類のセンサ素子を集積化する従来の電子鼻とは一線を画し、本論文では、単一の半導体式ガスセンサに電界制御型グリッドを付加するだけで、検出特性を能動的かつ可変的に変調させる手法を新たに提案し、その実証に成功している。これは、センサ感応膜材料の機能性に頼るのではなく、センサに到達するガス分子の分極状態や軌道を電界で制御することで検出特性を変調するという独創的な手法である。具体的には、グリッドが形成する不均一電界とガス分子の双極子モーメントとの相互作用を利用し、分子の吸着挙動を物理的に操作するものである。本研究では、グリッドへの印加電圧を走査することで、同一のガス種であっても異なるセンサ応答パターンを生成できることを明らかにしている。検証実験では、アセトン等の極性分子と非極性分子で応答挙動が明確に異なることを確認したほか、従来の単体センサでは判別不能であったリモネンなどの鏡像異性体に対しても、電界変調により固有のパターンが出現し、識別が可能であることを実証している。

これらの一連の成果は、大型で高価なガスクロマトグラフィーや、製造コストが高いセンサアレイを用いなくても、単一かつ安価な素子で高次元の識別データを取得できる点で有用である。本手法は、機械学習と組み合わせた高精度なガス識別システムを低コストで実現する道を拓き、環境計測やヘルスケア分野におけるセンシング技術の実用化に大きく貢献するものである。以上により、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと判断した。

(各要旨は1ページ以上可)