

審査の結果の要旨

氏名 ユリアルト ブリアン

本研究では、MCM-41 膜の大きい表面積を利用して、Sn、W、およびVの遷移金属を組み込むことにより、非常に高感度なMCM-41 製、常温常圧使用のNO₂ガスセンサーを開発した。論文ではSn、W、Vで改質したメソポーラスMCM-41 薄膜の合成法を述べるとともに、製作したガスセンサーの性能を評価している。

論文は五章からなり、第一章は研究の背景である。近年、排出される窒素酸化物はガス状汚染物質で最も重大な汚染物質の一つとされ、その放出はさまざまな環境問題を引き起こし、光化学スモッグ、酸性沈着、および硝酸塩微粒子などにより、著しい被害が出ているためにNO₂ガスの監視技術は必須であり、高感度NO₂ガスセンサーの開発の必要性を述べている。

第二章ではメソポーラスMCM-41 のNO₂ガスセンサーへの利用を述べている。この材料は高い比表面積 (500-1000 m²g⁻¹)と高い細孔性を有し、これが高いガス検出効率を示せば、センサーとして期待できる。さらに、W、VやSnなどの遷移金属酸化物と検出対象である気体の分子との相互作用過程を利用し、センサー能力を飛躍的に増大させることができ、メソポーラスシリカへの遷移金属添加がセンサー性能を向上させる潜在的な手法であることを述べている。

第三章では、遷移金属を添加したメソ孔シリカフィルムの作製法について説明している。ソレノイドゲル法とスピンコーティングを使用して薄膜化し、焼成して作製された。組成が 0.5 から 3%の遷移金属含有の六角形薄膜状メソポーラスシリカのキャラクタリゼーションをXRD、N₂吸着脱離、TEMおよびXPSを用いて行った。薄膜の比表面積や細孔分布の遷移金属添加濃度依存性を測定するとともに、TEM観察を行った。添加により比表面積が減少すること、高い含有量では細孔構造が大きく乱れることを確認した。さらにXPSから表面の遷移金属含有率も評価している。

第四章では、開発したセンサーの特性評価に表面光電圧法を手法として用いることから、この評価法について整理している。金属絶縁体半導体(MIS) 構造に着目し、材料表面と吸着分子間の電子移動によるI_{ph}-V_{bias}特性変化を検討し、吸着分子による電荷密度、キャパシタンス変化、および誘電体定数変化の関係

を理論的な観点からまとめている。

第五章で作成したセンサーの特性を測定評価している。Sn、W、およびV添加型メソポーラスMCM-41 薄膜はNO₂ 350ppbのような低濃度でも高感度で検出できる。すべての薄膜は、室温で良いNO₂検出特性を示した。遷移金属の濃度に対する感度変化は全てのメソポーラスMCM-41 で金属の種類によらず、添加濃度としては0.5%が最適であった。NO₂濃度を 350 – 1500 ppbの濃度範囲で測定を行った結果、1500ppbより高濃度でも測定可能と判断できる。一方、最も低い検出可能濃度は 100ppbあるいは、それ以下と推定できた。さらに、N₂、NO、ベンゼン、トルエン、アセトン等の比較測定も行い、NO₂に対する著しい選択性を明らかにした。添加遷移金属の中では、タングステンが最も高い感度を示し、その反応効率が最も高いためと説明している。

第六章は結論で、本研究で総重量 5kg 程度のセンサーヘッドを含む測定システムを構築でき、当初の目標を達成した。これらの成果をまとめるとともに今後の展開について述べている。

以上要すれば、本研究は新材料を駆使して高感度NO₂ガスセンサーを開発することに成功した。この成果は環境モニター技術開発分野での成果と位置づけられ、よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。