

## 審査の結果の要旨

氏名 山田 祐樹

本研究では健康状態と関連がある皮膚表面から放出されるガスを計測する健康管理用ウェアラブルデバイスの実現に向けて、多孔質材料と半導体式ガスセンサを用いた皮膚ガス計測機構を提案、原理実証を目指した。

第1章では序論を述べている。

第2章では社会的背景から本研究の重要性、皮膚ガスと健康状態との関連について述べている。

第3章ではウェアラブルデバイスの装用に適する部位全てから皮膚アセトンの計測が原理的に可能であることを述べている。ウェアラブルデバイスの装用に適する部位である、掌(手袋)、手首(腕時計)、耳裏(眼鏡)、首の後ろ(ネックレス)、足首(アンクレット)からの皮膚アセトン放出を確認し、すべての部位から皮膚アセトンが放出されていることを確認した。さらに掌のような毛細血管が多く存在し、かつ皮膚表面から近い位置に存在している部位からの皮膚アセトン放出濃度が高いことが示唆された。装用部位として皮膚アセトン放出濃度が高い部位を選ぶことで、皮膚アセトンの計測が容易になる。

第4章では多孔質材料であるゼオライトと半導体式ガスセンサを用いた計測機構による皮膚ガス計測を実証したことを述べている。結晶構造、細孔径、疎水性が違う5種類のゼオライトのアセトンに対する吸脱着性能評価を行った結果、吸着性能は同程度であったが、脱離性能についてはアセトンの分子径よりも細孔径が3Å程度大きく、疎水性が高いゼオライトが、脱離に要する活性化エネルギーが少なく、消費電力や安全性などの観点から、濃縮材料として適していることを見出した。さらにゼオライトと半導体式ガスセンサを用いた提案計測機構は、ガスクロマトグラフィ装置と同程度の計測性能を有するとともに、皮膚アセトンを繰り返し計測可能なことを示し、提案計測機構の原理実証に成功した。

第5章では酸化タングステンナノ粒子を用いた半導体式ガスセンサのインピーダンス変化はナノ粒子界面の抵抗値変化が支配的であることを述べている。アセトン測定下限に対する粒径の影響やインピーダンス変化のメカニズムを評価した結果、インピーダンスの変化は、ナノ粒子中心のバルクの抵抗成分やナノ粒子表面に酸素が吸着することによって形成された空乏層のキャパシタ成分の影響は非常に小さく、ナノ粒子界面の抵抗成分の影響が支配的であることがわかった。さらにアセトン測定下限に対しては、粒径よりもガスセンサの動作温度の影響が大きく、最適な動作温度を見出すことで、皮膚アセトン放出濃度と同程度の測定下限を達成した。

以上要するに、本研究では健康管理用ウェアラブルデバイスの実現に向け、多孔質材料と半導体式ガスセンサを用いた皮膚ガス計測デバイスの設計、試作、実証を行った。皮膚表面から放出される、脂肪代謝の指標となるアセトンを濃縮するため、多孔質材料であるゼオライトの細孔径や親疎水性と、脱離温度や表面吸着エネルギー等との関連を明らかにし、アセトンガス濃縮に適したゼオライトを見出した。また微量な皮膚ガスの検出感度向上を目指し、酸化タングステンナノ粒子を合成し、これを用いた半導体式ガスセンサを試作して実用化に必要な皮膚アセトン検出感度を達成した。これらの研究成果はバイオ電子工学、バイオエンジニアリング研究分野における貢献は少なくない。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。