

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	深田 健太
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 白鳥 世明
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 今井 宏明
		慶應義塾大学教授	Dr. sc. nat. チツテリオ ダニエル
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 松本 佳宣
<p>(論文審査の要旨)</p> <p>学士（工学）、修士（工学） 深田健太君提出の学位請求論文は「Organic-inorganic composite films with optimized structure and wettability for application to microdroplet analysis」（有機無機複合膜の構造ならびに濡れ性の最適化による微小液滴分析への応用）と題し、6章から構成されている。</p> <p>近年、血液や唾液などの微小液滴を分析する技術への注目が高まっており、疾患の早期発見に役立てるなど広がりを見せている。微小な液体を効率的に分析するためには、微小空間において液体の混合、分離、反応などを制御する技術が求められる。そのため、液体と接する基板表面に機能性薄膜を付与することで、液滴を制御する研究が数多くなされている。薄膜作製技術としては、ドライプロセスが現在主流となっているが、チャンバーサイズによる製膜サイズの限界や連続製膜が難しいなど課題がある。そこで、常温常圧下で、様々な基板へ製膜できるウェットプロセスへの期待が高まっている。よって、本研究は、ウェットプロセスを用いて、構造や濡れ性が最適化された微小な有機無機複合膜を製膜する新規方法を提案し、その膜の特徴を活かした微小液滴分析手法を開発することを目的としている。</p> <p>第1章では、本研究の背景と目的について記述している。</p> <p>第2章では、超撥水膜上での液滴乾燥技術を活用した新規の超撥水・親水パターンフィルムの作製方法について述べている。親水性シリカと、ポリビニルアルコールの混合比率を変化させた水溶液を超撥水膜上で乾燥させることで、コーヒーリングや、バルーン型の親水領域が生じる。なかでも、混合比率が1:1のとき、微小なスポット型の親水領域となることを見出した。これを用いて、超撥水膜上で液滴を吸着し、かつスポットに対し液滴を濃縮できる場としての利用を検討している。</p> <p>第3章では、水晶振動子マイクロバランス（Quartz crystal microbalance : QCM）の減衰挙動を利用した粘度測定法である水晶振動子エネルギー散逸測定（Quartz crystal microbalance with dissipation monitoring : QCM-D）において、電極の全面を液体で被覆することが重要であることを見出している。そして、滴下する液量を削減するために、QCM 上での最適な親水膜について検討している。特に、これまで未検討であった親水膜の深さ方向の物質分布の影響を調査するために、交互積層法により製膜した単一膜、二層膜および新規の傾斜膜を比較することで、膜が均一であるほど減衰挙動に与える影響が少ないことについて述べている。</p> <p>第4章では、超撥水・親水パターンフィルム上での液滴濃縮技術を活用し、微量カフェインの濃度を測定できる新規の測定手法を開発している。濃縮されたカフェインの呈色反応（ムレキシド反応）を利用することで、カフェイン濃度が 100 µg/ml の水溶液 10 µl においても、白色から赤色への色変化を観察することができ、この変化から濃度を推定できることを述べている。</p> <p>第5章では、均一組成の親水膜を活用し、微小液滴の粘度を測定するための簡易な QCM-D 測定システムを開発している。親水膜の拡張濡れを利用することで、5 µl の微量の液体で QCM 表面を完全に被覆させている。これにより微量の液体においても粘度を測定できる方法を確認し、さらに装置系を簡略化することで、ポータブル粘度測定システムを開発している。</p> <p>第6章は結論であり、濡れ性制御による微小液滴分析手法の今後の展望を述べている。</p> <p>以上要するに、本論文は有機無機複合膜の構造や濡れ性を最適化し、その膜の特徴を活用した微小液滴分析手法への応用を提案している。これらの技術と知見は、微小液滴分析の技術革新につながり、実用的に利用可能な分析化学手法として位置づけることができる。したがって、分析化学分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（マテリアルデザイン科学専修）科目担当で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。</p>		