

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study of Quartz Crystal Microbalance behavior with viscous sensing film and its interpretation using Mason equivalent circuit
著者(和文)	NASONGKHLA SAWIT
Author(English)	Sawit Na Songkhla
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12011号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中本 高道,山口 雅浩,中村 健太郎,長谷川 晶一,吉村 奈津江
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12011号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Sawit Na songkhla		
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	中本 高道	教授	審査員	吉村 奈津江	准教授
	審査員	山口 雅浩	教授			
		中村 健太郎	教授			
		長谷川 晶一	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study of Quartz Crystal Microbalance behavior with viscous sensing film and its interpretation using Mason equivalent circuit」と題し、英文7章からなっている。

第1章「Introduction」では、QCM (Quartz Crystal Microbalance)及び関連する音響素子を利用した化学センサの研究開発の現状を述べ、気相及び液相におけるQCMを用いた計測手法、QCMの挙動のモデル化研究の現状を説明している。QCMでは通常質量負荷もしくは液体負荷によりその共振周波数が低下することが広く知られているが、共振周波数が増加する場合があることが報告されており、なぜ共振周波数の増加が生じることがあるかは未だに明らかではない。また、QCMでは複雑な専用回路や高価なネットワークアナライザが用いられてきたが、精度と簡便性を兼ね備えた手法は確立されていない。そこで、十分な精度で簡単に計測できる方法を開発し、共振周波数が増加する現象を説明するモデルを確立して実験的にも検証する必要があると述べている。

第2章「Modeling of QCM」では、Mason等価回路にもとづいた一次元のモデルを説明し、等価回路から薄膜質量負荷の場合、液体負荷の場合、粘弾性を有する薄膜の場合、粘弾性を有する薄膜の2層構造の場合について、等価回路内のインピーダンス変化を表す解析的な式を導出している。そして、粘弾性を有する薄膜において、膜厚増加に伴い共振周波数増加が生じる場合があることをこのモデルを用いて理論的に示している。

第3章「Measurement system development for highly viscous loading and its evaluation」では、簡便なポータブルネットワークアナライザを用いての計測を行う方法を述べている。ネットワークアナライザを用いて共振周波数を計測する方法では、周波数を掃引してQCMのコンダクタンス最大の周波数を求める動アドミタンス法が知られているが、雑音が多くてSN比が十分でない。そこで、周波数掃引をして得たコンダクタンスの周波数特性をカーブフィッティングして等価回路パラメータを求め、共振周波数及び共振抵抗を算出している。さらに、Savitzky-Golay filterを用いて雑音低減を行い、動アドミタンス法と比較して大幅な雑音低減を達成したと述べている。また、実験条件の最適化を行った結果、カーブフィッティングとデジタルフィルタ処理を行っても実時間計測可能であり、粘性の高いグリセロール水溶液の微小な濃度変化を計測することによりその効果を確かめたと述べている。

第4章「Film coating and water deposition to QCM」では、マイクロディスペンサから吐出した微小液滴をQCM上に滴下する実験を行っている。純水の液滴を膜塗布無しの場合、高粘性な液体であるグリセロール膜を塗布した場合、固体膜であるPEG (Poly Ethylene Glycol) 20M膜を塗布した場合、両者の中間の性質を有するPEG2000を塗布した場合について、純水滴下による共振周波数変化及び共振抵抗変化を調べている。グリセロール膜とPEG20Mは質量と粘性の増減によりその挙動を従来理論により説明できるが、PEG2000膜の場合は共振周波数増加と共振抵抗増加が同時に起こり、従来理論のみでは説明できない結果が得られたと述べている。

第5章「Characterization of QCM behavior」では、第4章で得られた実験結果を2章で得たモデルにより説明している。粘性及び膜厚と共振周波数及び共振抵抗の関係を3次元プロット及び輪郭マップで表し、固体膜とみなせるPEG20M、固体膜と液体膜の中間的な性質を持つPEG2000についてそれらの挙動を定性的に説明することができたと述べている。

第6章「Conclusion」では、本研究の成果をまとめている。

第7章「Future Work」では、2次元モデルへの拡張や高感度化の可能性等の将来展望について述べている。

以上を要約すると、本論文は QCM の高精度で簡便な計測手法を確立し、未解明であった共振周波数増加の現象を理論的及び実験的に説明したもので、学術上その貢献するところが大きい。よって、我々は本論文が博士（学術）の学位論文として、十分価値があるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。