

平成29年 2月28日

豊橋技術科学大学長 殿

環境・生命工学専攻





学位審査委員会

委員長 岩佐 精二



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	東 翔太		学籍番号	第 125201 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 環境・生命工学 専攻	
博士学位 論文名	Design of microstructure in electrochemical devices by electrophoretic deposition for their performance improvement (電気泳動堆積法による電気化学素子の微構造設計と特性向上)			
論文審査の 期間	平成 29年 1月19日 ~ 平成 29年 2月28日			
公開審査会 の日	平成29年 2月28日	最終試験の 実施日	平成29年 2月28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	松田 厚範			
委員	武藤 浩行		水嶋 生智	
	服部 敏明			

※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

本論文「Design of microstructure in electrochemical devices by electrophoretic deposition for their performance improvement (電気泳動堆積法による電気化学素子の微構造設計と特性向上)」は、電気泳動堆積(EPD)法を応用して、電気化学素子の微構造を制御し、その性能向上を目指したものである。機能性材料複合体膜を製造するための自動 EPD 成膜装置を開発し、それを用いて構築した電気化学素子の特性評価を行っており、全 6 章で構成されている。

第 1 章では、電気化学素子に関する研究背景と、電気化学素子に用いる機能性材料複合体の製造法として EPD を用いることの意義と位置づけについて述べるとともに、論文の概要をまとめている。第 2 章では、素子特性を十分に発揮できる重要な構造の一つである積層型複合体膜を EPD によって効率的に作製するための自動 EPD 成膜装置を提案・試作している。本装置を用いることで各層膜厚や積層数等を制御した規則構造膜を、成膜手順やパラメータを設定することで導電性基板上に形成することが可能となった。第 3 章では、Ni および Ti 含有層状複水酸化物と還元型酸化グラフェンのナノ複合粒子を、光電気化学素子の機能性電極膜として、EPD 法により堆積成膜し、複合化によって得られる電子移動効果および光電圧特性への影響を評価した。その結果、局所的な電子移動機構が光電圧というマクロな特性の向上に十分に寄与できることが明らかとなった。第 4 章では、全固体型リチウムイオン電池に用いる硫化物系固体電解質の EPD による非極性溶媒中での成膜を試みた。この研究により、取り扱いが難しい硫化物系固体電解質の厚膜がコロイドプロセスを経て基板に形成可能となった。第 5 章ではこれまで見出した EPD の知見を応用し、全固体型リチウムイオン電池の正極に用いる正極活物質及び固体電解質の複合体厚膜を EPD によって作製することを試み、電池動作を検証した。その結果、正極複合体厚膜の微構造を制御することに成功し、得られた複合体厚膜は充放電が可能であることを実証し、EPD によって実用的電気化学素子が作製できる可能性を見出した。最後に第 6 章では、各章で得られた知見をまとめて全体を総括している。

審査結果の要旨

効率的な電気エネルギー変換・貯蔵が可能である電気化学素子では、種々の機能性材料からなる複合体膜が用いられており、素子特性の向上にあたってはその複合体膜の構造をナノ～マクロスケールで最適化する必要がある。しかしながら従来の機能性膜の製造手法では、複合体膜の微構造を制御することが難しく、生産性に乏しいなどの欠点がある。これを解決するために申請者は、電気泳動堆積(EPD)法を用いて機能性複合体膜を製造する実用的なプロセスを考案した。本プロセスによれば、微構造を制御した複合体膜が効率的に基板に形成することが可能となる。本研究の成果は、電池に代表される電気化学素子の特性向上を可能にし、近年のエネルギー問題の解決にも寄与するものであると言える。

申請者は EPD による機能性複合体膜作製の優位性を検証するために、簡易な操作と成膜条件設定によって複合体膜の組織や微構造を制御可能な自動 EPD 成膜装置を考案し、その有用性を実証している。また EPD の基礎検討のひとつとして、複合粒子のナノ構造に起因する局所的電子移動効果が EPD 成膜された機能性膜の特性に与える影響を、光電気化学素子の光電極を例に検証しており、EPD 成膜される粒子のナノ構造制御の有用性に関する知見を得ている。

また申請者は EPD の汎用性を拡張するために、非極性溶媒中における EPD 成膜という挑戦的な課題に取り組んでいる。通常、非極性溶媒中では泳動堆積粒子に表面電荷が発生しないため、EPD による成膜は困難である。しかし申請者は極性溶媒と反応性の高い硫化物の複合体膜を非極性溶媒中で成膜するために、非極性溶媒中で静電分散可能な硫化物前駆体と電離可能な新規界面活性剤を利用するなど斬新なアイデアで研究を遂行し、組織構造制御された硫化物系複合体膜を非極性溶媒中で作製することに成功している。これによって、EPD による硫化物系全固体型リチウムイオン電池の正極複合体膜の作製が可能になった。本研究によって得られた知見は機能性複合体膜の微構造制御と電気化学素子の特性向上に重要な指針を与えるものであり、学術的にも、工業的にも価値の高いものであると判断される。

以上により、本論文は博士(工学)の学位論文に相当するものと判断した。