

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	バイポーラ電気化学に基づく種々の機能性材料の開発
Title(English)	Straightforward Fabrication of Functional Materials by Means of Bipolar Electrochemistry
著者(和文)	小泉裕貴
Author(English)	Yuki Koizumi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10830号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:稲木 信介,富田 育義,福島 孝典,北村 房男,松下 伸広
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10830号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物質電子化学	専攻	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	小泉 裕貴		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	稲木 信介	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor (sub)	富田 育義	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「Straightforward Fabrication of Functional Materials by Means of Bipolar Electrochemistry (バイポーラ電気化学に基づく種々の機能性材料の開発)」と題し、英語で書かれ、全 6 章から構成されている。

第 1 章「General Introduction」ではバイポーラ電気化学の駆動原理を示し、機能性材料の創出に向けたこれまでの報告例を体系的に紹介したうえで、本研究の意義と目的について論述した。

第 2 章「Bifunctional Modification of Conductive Particles by Iterative Bipolar Electrodeposition of Metals」では、駆動電極間における電位勾配の測定およびバイポーラ電解法に基づいた導体微粒子表面の多官能的修飾について検討した。短い周期で極の反転する交流電源を用いた交流バイポーラ電解法を提案し、従来法では困難であったバルク中における二官能性微粒子の作製に成功した。駆動電極間に生じる電位勾配の測定や SEM による表面観察、EDX を用いた元素分析の結果から、金属の電析する面積や電析量が外部印加電圧や電解時間により制御可能であることが示された。また、十字型電解セルを用い、直流・交流バイポーラ電解法を適宜組み合わせることで、多官能性微粒子の作製にも成功した。

第 3 章「Electropolymerization on Wireless Electrodes toward Conducting Polymer Microfiber Networks」では、交流バイポーラ電解重合法に基づく導電性高分子ファイバーネットワークの形成について検討した。アセトニトリル中、外部駆動電極間に交流電圧を印加することで金線をバイポーラ電極として駆動させ、生じた陽極末端において 3,4-エチレンジオキシチオフェン (EDOT) の電解酸化重合を進行させたところ、外部電場方向にファイバー状のポリ (3,4-エチレンジオキシチオフェン) (PEDOT) が成長し、複数の金線間を連結するネットワーク構造を形成することを見出した。各種電解条件 (印加電圧、周波数、溶媒など) の検討、および光学・電子顕微鏡観察の結果から、交流電場の印加と低電解質濃度条件が鍵であることを実証し、重合初期段階のイオン種が外部電場の影響を受けて電気泳動しながらファイバー状の重合体が析出するメカニズムを明らかにした。また、提唱したファイバー成長機構に基づき、複数の導体間を PEDOT ファイバーで連結する Chain-Growth Model の検討も行った。

第 4 章「Synthesis of Linear PEDOT Fibers by AC-bipolar Electropolymerization in a Micro-space」では物理的に制限された微小空間内での EDOT の交流バイポーラ電解重合により、分岐の少ない直線状 PEDOT ファイバーの合成に成功した。反応点および PEDOT ファイバー周辺の局所的な EDOT 濃度に注目し検討を行うことで、直線状 PEDOT ファイバーの成長機構において、反応点である金線先端および PEDOT ファイバー周辺のモノマー濃度が重要な要因であることを明らかにした。また直線状 PEDOT ファイバーを用いることで、従来の樹枝状 PEDOT ファイバーを使用した系よりも選択的かつ精密な金線/PEDOT ファイバーネットワークの形成に成功した。

第 5 章「Synthesis of PEDOT-Pt Hybrid Fibers and PEDOT-PSS Hybrid Fibers by AC-bipolar Electropolymerization」では、アニオン性の金属イオンまたは高分子電解質存在下、EDOT の交流バイポーラ電解重合を行うことで、電解発生した PEDOT に対し、これらアニオン種がドーパントとしてポリマー骨格中に組み込まれたハイブリッドファイバーの合成に成功し、高い導電性および機械強度を有することを明らかにした。

第 6 章「Templated Bipolar Electrolysis for Fabrication of Robust Co and Pt Nanorods」では、細孔を有する鋳型を配したバイポーラ電極系を設計し、金属カチオンの電解還元に基づく金属ナノロッドの作製を行った。外部電場存在下、電気泳動に基づく電極表面への効率的な基質輸送を達成することにより、電極基板から垂直配向する高強度な金属ナノロッドの作製に成功した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	物質電子化学	専攻
Department of		
学生氏名：	小泉 裕貴	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	稲木 信介	
Academic Supervisor(main)		
指導教員 (副)：	富田 育義	
Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The objective of this thesis is to expand the applicable scope of bipolar electrochemistry, which utilizes an external electric field to induce electrochemical reactions on wireless electrodes, for straightforward fabrication of functional materials.

In Chapter 2, the author employed an alternating current (AC) power supply for a bipolar electrochemical setup and realized bifunctional modification of conductive particles in one-step by iterative electrodeposition of metals.

In Chapter 3, the author demonstrated the electropolymerization of 3,4-ethylenedioxythiophene (EDOT) and its derivatives by AC-bipolar electrolysis. Poly (3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) derivatives were found to propagate as a fiber form from the end of Au wires used as bipolar electrodes (BPEs) parallel to an external electric field. This spontaneous propagation of conducting polymer microfibers in the absence of templates evidently relied on the electrophoresis of charged polymers under the influence of the external electric field.

In Chapter 4, the author constructed a micro-space around BPEs during the AC-bipolar electropolymerization of EDOT, and found that restricted monomer supply to the active sites of the BPEs made good contribution to generate one-dimensional PEDOT fibers effectively from both edges of BPEs. This method made it possible to connect Au wires used as BPEs selectively and precisely with linear PEDOT fibers by controlling the growth direction along the external electric field.

In Chapter 5, the author performed the facile and template-free synthesis of conducting polymer hybrid fibers on BPEs by oxidative electropolymerization of EDOT in the presence of anionic dopants such as metal ions and polymer electrolytes. The resultant hybrid fibers showed better physical properties than those of the conventional PEDOT fibers.

In Chapter 6, the author demonstrated templated bipolar electrolysis of metal cations in the presence of an external electric field. By utilizing the migration of metal ions driven by electrophoresis, the electrodeposited metals were found to form robust nanorods with reflecting the shape of the nanopores in the template.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).