



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Localized Electrochemical Additive Manufacturing Using Solution Flow type Microdroplet Cell
Author(s)	AYALEW, Adane Adugna
Description	この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16616号
Issue Date	2025-09-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16616
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/98226
Type	doctoral thesis
File Information	Adane_Adugna_Ayalew_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 AYALEW Adane Adugna

審査担当者 主 査 准教授 坂入 正敏
 副 査 教 授 廣吉 直樹
 副 査 教 授 林 重成

学位論文題名

Localized Electrochemical Additive Manufacturing Using Solution Flow type Microdroplet Cell
(溶液フロー型マイクロ液滴セルを用いた局所電気化学的積層造形)

現在, マイクロ・ナノ構造材料の製造とその技術的応用が注目されている。電解析出や陽極酸化による積層造形は, 金属のマイクロ・ナノ構造による優れた電気的・機械的特性を実現する有望なアプローチである。従来のリソグラフィやマスキングに基づく製造技術は広く使用されているが, 高度な設備が必要であり, 材料の無駄が大きい。電気化学的な液滴セル作製技術は, 微細構造の作製や基板の選択的領域への酸化皮膜を形成できるため, 注目されるようになってきた。マイクロ液滴セルは, 様々な基板上に局所的な表面パターンの形成が可能であるため, 多くの産業活動において今後, 重要な役割を果たすことが期待される。溶液フロー型微小液滴セル (SF-MDC) は, 基板の局所領域に金属のマイクロ・ナノ構造を作製するために提案された最新のマスクレス技術である。本研究で使用する SF-MDC は, 同軸 2 重管構造を持ち, 電解液滴を基板上で移動できる。従来使用されていた SF-MDC は, 複雑な形状のため, 製作にいくつかの問題があった。光硬化型の 3D プリンタとコンピュータ支援設計ソフトウェアを組み合わせることで, 複雑な形状の SF-MCC を作製することができる。本研究では, 3D プリンタにより作製した SF-MDC を用いて, Cu 基板上に Ni の微細構造形成や化学エッチングを用いない Al 上にスルーホールを有するポーラスアルミナ層の形成, 局所的に形成したポーラスアルミナ層中への Ni の析出を試みた。析出した Ni の高さに対する電流密度と走査速度の影響や陽極酸化アルミニウム線の厚さに対する走査速度, 基板温度, 電解質組成の影響も調査した。

第 1 章では, 電気化学的析出による積層造形の概要と, ポーラスアルミナ中への金属微細構造の作製について述べる。積層造形技術の背景, 電気化学的析出パラメータおよび電気化学的析出のメカニズムについても詳述する。

第 2 章では, Cu 基板上に 2 次元および 3 次元微細構造を作製するための SF-MDC を設計した。電流密度と移動速度が Ni 析出膜の厚に及ぼす影響を調査した。SF-MDC を用いて Cu 基板上に自立型 3D Ni マイクロロッドとさまざまな Ni によるパターンを作製した。

第 3 章では, SF-MDC を用いてスルーホール型ポーラスアルミナを局所的に作製を試みた。陽極酸化電圧と走査速度がアルミナ層の厚さと細孔構造に及ぼす影響を調査した。ポーラスアルミナ形成における基板温度と電解液組成の影響も調査した。陽極酸化電解液として 0.3M シュウ酸溶液を用いた。陽極酸化後の化学エッチングなしに貫通孔を有するポーラスアルミナを位置を制御して作製することに成功した。また, 電解液として 0.3M シュウ酸とリン酸, 硫酸溶液を用いた。基材の温度は, ナノ細孔構造の規則性や酸化皮膜の成長度合いに大きく影響することを明らかにした。

第4章では、電気めっきによるポーラスアルミナ中へのNiナノロッドの作製法について研究した。Niナノロッドの形成に及ぼす孔径分布の形成に対する液滴の走査速度、形成したポーラスアルミナのナエッチング時間および電析時間の影響を調査した。電析時間と電流密度を制御することにより、細孔中にNiナノロッドをほぼ均一に充填することに成功した。

第5章は本論文の総括である。

これを要するに、本論文は液滴セルを用いる陽極酸化と電気めっきによる新規積層造型法を開発したものである。その成果は、表面処理や積層造形の発展に貢献するところ大である。よって、著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。