

Title	液晶マスクを用いた非積層マイクロ光造形法に関する研究
Author(s)	林, 照剛
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3184365
DOI	10.11501/3184365
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	はやし 林	てる 照	たけ 剛
博士の専攻分野の名称	博士(工学)		
学位記番号	第 16215 号		
学位授与年月日	平成13年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械システム工学専攻		
学位論文名	液晶マスクを用いた非積層マイクロ光造形法に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教授 三好 隆志 (副査) 教授 花崎 伸作 教授 澁谷 陽二 助教授 高谷 裕浩		

論文内容の要旨

本論文は、マイクロ光造形を実現するために液晶マスクを用いた非積層面露光型光造形法を提案し、基礎的な造形装置の試作を行い、同手法の実現性を検証した結果について述べている。論文は以下の8章から成っている。

第1章では、本研究の背景ならびに従来の研究をまとめ、マイクロ光造形技術の必要性を述べ、非積層面露光型光造形法について検討を加えている。またマイクロ光造形の実現によるマイクロマシン開発の効率化を目指すという本研究の目的を述べ、本論文の概要を示している。

第2章では、ホログラフィ光造形法について述べ、基礎的な実験結果およびその特徴と問題点を示している。さらに樹脂内部で非積層造形を行う場合の課題点を明示し、ホログラフィ光造形法の将来の展望について述べている。

第3章では、液晶マスクを用いた面露光法により非積層造形を行う際の基本原理について述べている。また、本研究の特徴および濃淡画像を用いた非積層造形方法と動画像を用いた非積層造形方法についてそれぞれの3次元形状造形過程を示している。

第4章では、液晶マスクによる造形に必要な樹脂の硬化特性や液晶パネルの光透過特性等の基礎特性の評価を行い、その内容について述べている。評価した基本特性は、樹脂液中での硬化特性、液晶マスクの光透過特性と表示階調の関係、液晶マスクの表示階調により露光量を調節した時の樹脂硬化特性、液晶マスク露光による造形の横分解能である。

第5章では、液晶マスクに濃淡画像を出力し、3次元形状の造形を行うために試作した実験装置の構成および濃淡画像による非積層造形実験の結果について述べ、濃淡画像による非積層造形の利点および問題点についてまとめている。

第6章では、液晶マスクに動画像を出力し3次元形状の造形を行い、試作した実験装置の構成や動画像による非積層造形実験結果について述べ、動画像による非積層造形の妥当性、問題点についてまとめている。ここでいう動画像とは連続して高速に切り替わる静止画像を意味する。連続して変化する動画像によって、3次元形状の断面を連続的に液晶マスク上に出力しながらベースプレートを駆動制御することによってオーバハング形状を持つ3次元形状の造形を試みている。

第7章では、樹脂内部の硬化現象を理論的に解析するため、時間差領域差分法(FDTD法)による電磁場計算を元に樹脂の硬化現象を解析している。また、その解析方法、および解析結果について述べ、液晶マスクによるマイク

ロ光造形法の高精度化について検討を行っている。

第8章では得られた結論を総括している。

論文審査の結果の要旨

マイクロマシンの実現が工業の革新を促すとの考えからその早急な実現が望まれている。その中でも基礎的な機械要素の製作はマイクロマシンの実現に不可欠な要素となっている。現在、LIGA プロセスを始めとする様々なマイクロ加工技術を応用してマイクロ機械要素の製作が試みられているが、その装置は大規模であり、その製作手順は複雑であるという問題がある。そこで、近年注目されている技術に光造形法がある。この光造形法を応用してマイクロ構造物の造形が行えれば、小規模な装置で容易に複雑な3次元形状の造形が可能となる。これにより、高精度なマイクロ機械要素などが高速に造形できるようになれば、マイクロマシン開発の効率化に大きく貢献すると思われる。本論文は、液晶マスクを用いた面露光造形を行うことにより従来の光造形の高精度化、高速化をはかり、光造形によるマイクロ構造物造形の実現を目指したものである。主な成果を要約すると次の通りである。

- (1)液晶マスクは紫外光によって損傷を受けることから、可視光源としてAr⁺レーザを使用し、可視光に高い感度を有する光硬化性樹脂を硬化させることで、液晶マスクによる面露光造形が実現可能な光造形装置を構築している。液晶マスクによる面露光造形によって多様な形状の造形が行えることから、高精度な造形が可能である一方で、造形する形状の変更が困難であった従来の面露光法の問題点を克服している。
- (2)液晶マスク露光の特徴を活かした造形プロセスとして、濃淡画像を用いた非積層造形プロセスを提案している。同プロセスは、液晶マスクの濃淡表示階調を利用した一括面露光により、露光面での露光量分布により樹脂内部での硬化量を制御し非積層造形を行うものである。基礎的な造形実験として歯幅80 μm のマイクロ歯車や線幅100 μm のアルファベット文字などの造形を試み4秒間で多様なマイクロ形状の造形が可能であることを確認している。また、深さ方向に変化する高さ1.5mm、底辺2.5mmのピラミッド形状の造形により、2秒間の高速造形と深さ方向に変化する形状の非積層造形が可能であることを確認している。
- (3)液晶マスク露光のもう一つの特徴を活かした造形プロセスとして、動画像を用いた非積層造形プロセスを提案し、動画像露光の実現性について検討している。試作した実験装置を用いて動画像露光による非積層造形を試み、1秒あたり12コマが切り替わる動画像により、深さ方向に変化するピラミッド形状を3秒間で造形することに成功している。またかさ歯車のような微細な構造をもつ3次元形状の造形を行い、動画像露光による非積層造形の実現を確認している。さらに、動画像露光を応用するオーバハング形状の造形手法に関する提案を行い、ウェスト部を持つような形状の造形を行い、オーバハング形状の高精度造形を実現するために必要な条件に関して検討を加えている。
- (4)液晶マスクによる面露光を行った場合の樹脂硬化現象を調べるために、微小領域における樹脂内部の電磁場と樹脂硬化量を解析可能なシミュレータを構築している。液晶マスクの各ピクセルによる露光領域をモデル化し、同シミュレータを用いて樹脂の過渡的な硬化現象を可視化することで、露光時間の増大によって変化する樹脂の硬化領域を解析している。また、同シミュレータによる解析結果によって、横分解能約13 μm の造形を実現した基礎実験結果が検証されており、さらに横分解能3 μm の造形可能性が示唆されている。

以上のように、本論文は液晶マスクを用いた光造形によるマイクロ構造の高速・高精度な非積層3次元造形について述べたもので、その成果はマイクロ光造形に関する貴重な知見を与えるものであり、生産工学・機械工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。