



Title	3次元微細光ファブリケーションに関する研究
Author(s)	丸尾, 昭二
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3129036">https://doi.org/10.11501/3129036</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	まる お しょう じ 丸 尾 昭 二																		
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)																		
学 位 記 番 号	第 1 3 1 3 7 号																		
学 位 授 与 年 月 日	平 成 9 年 3 月 25 日																		
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻																		
学 位 論 文 名	3次元微細光ファブリケーションに関する研究																		
論 文 審 査 委 員	(主査) <table border="0"> <tr> <td>教 授 河田 聡</td> <td>教 授 興地 斐男</td> <td>教 授 後藤 誠一</td> </tr> <tr> <td>教 授 石井 博昭</td> <td>教 授 岩崎 裕</td> <td>教 授 志水 隆一</td> </tr> <tr> <td>教 授 増原 宏</td> <td>教 授 中島 信一</td> <td>教 授 川上 則雄</td> </tr> <tr> <td>教 授 豊田 順一</td> <td>教 授 一岡 芳樹</td> <td>教 授 伊東 一良</td> </tr> <tr> <td>教 授 樹下 行三</td> <td>教 授 八木 厚志</td> <td></td> </tr> <tr> <td>教 授 萩行 正憲</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	教 授 河田 聡	教 授 興地 斐男	教 授 後藤 誠一	教 授 石井 博昭	教 授 岩崎 裕	教 授 志水 隆一	教 授 増原 宏	教 授 中島 信一	教 授 川上 則雄	教 授 豊田 順一	教 授 一岡 芳樹	教 授 伊東 一良	教 授 樹下 行三	教 授 八木 厚志		教 授 萩行 正憲		
教 授 河田 聡	教 授 興地 斐男	教 授 後藤 誠一																	
教 授 石井 博昭	教 授 岩崎 裕	教 授 志水 隆一																	
教 授 増原 宏	教 授 中島 信一	教 授 川上 則雄																	
教 授 豊田 順一	教 授 一岡 芳樹	教 授 伊東 一良																	
教 授 樹下 行三	教 授 八木 厚志																		
教 授 萩行 正憲																			

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、微細な3次元構造を形成するための光ファブリケーションに関する研究についてまとめたものであり、本文5章と総括から構成されている。

第1章では、フォトリソグラフィと光造形法の現状について述べ、より微細な光ファブリケーションの必要性について述べている。さらに、微細な光ファブリケーションを可能にする手法として、2光子吸収、エバネッセント波および、光の自己集束現象を利用することを提案している。

第2章では、2光子吸収を利用して、光硬化性樹脂を硬化させ、3次元構造体を形成する手法を提案し、その原理について述べている。提案した方法では、光硬化性樹脂の中に集光させたレーザースポットを走査することによって、3次元構造体を形成できることを示している。実際に、試作したシステムを用いて、螺旋構造体やマイクロチューブを作製することに成功し、面内方向 $0.62\mu\text{m}$ 、奥行き方向 $2.2\mu\text{m}$ の加工分解を達成している。

第3章では、光硬化性樹脂に光を集光することによって、ファイバー構造が自己形成される現象を見出ししている。実験結果から、形成されるファイバー構造の長さは、露光時間に比例して長くなることを明らかにし、またファイバー構造の直径が、入射させた光強度に依存することを示している。さらに、ファイバー構造の生成メカニズムについて考察し、光硬化性樹脂に生じる屈折率分布によって、入射させたビームが硬化した光硬化性樹脂中に閉じ込められ、その結果、ファイバー構造が形成されることを示している。

第4章では、エバネッセント波を用いて、光の回折限界を超える微細構造を形成する手法について検討し、この技術を用いたホログラムの試作を行っている。

第5章では、第4章で行ったエバネッセント波によるホログラム形成に、表面プラズモンを応用することを試みている。実験では、実際に、表面プラズモンによってホログラムを再生することに成功している。さらに、有限要素法を用いた電磁場解析によって、表面プラズモンを利用して再生されるホログラムの回折効率を解析し、表面プラズモンの電場増強効果によって、回折効率が向上することを明らかにしている。

総括では、本研究で得られた知見を総括し、本論文の結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

近年、医療やバイオ工学、マイクロ化学などの分野において、マイクロセンサーやマイクロアクチュエーターなどを集積したマイクロマシンの開発が期待されており、 $\mu\text{m}$ スケールの3次元構造体を作製する技術の開発が望まれている。本論文は、光を用いて、このような微小構造体を作製する手法に関する研究の成果をまとめたものであり、その主な成果を要約すると次のとおりである。

- (1) 2光子励起光重合を利用して光硬化性樹脂を硬化させ、 $\mu\text{m}$ スケールの3次元構造体を形成する手法を考案している。この手法では、2光子吸収の光強度に対する非線形性を利用することによって、任意の3次元微小構造を光硬化性樹脂中に形成できる。実際に、近赤外パルスレーザーを光源に用い、レーザー走査光学系とステージ走査を組み合わせた3次元微細加工システムを試作し、直径 $7\mu\text{m}$ の螺旋構造体、内径 $1.8\mu\text{m}$ のマイクロチューブなどの作製に成功している。
- (2) 光硬化性樹脂の表面に紫外光を集光することによって、直径 $10\mu\text{m}$ 程度のファイバー構造が自己形成される現象を見いだしている。このファイバー構造が形成される過程を実験的に調べ、ファイバー構造の長さが、露光時間に比例して長くなることを明らかにしている。さらに、この自己形成メカニズムについて考察し、入射させたビームが、硬化した光硬化性樹脂中に閉じ込められて伝搬することを解明している。
- (3) エバネッセント波を利用して、フォトレジストを加工し、光の波長よりも微細な構造を形成する手法を確立し、この手法をホログラムに応用している。さらに、光励起した表面プラズモンに伴うエバネッセント波が、励起光の数十倍に増強される現象を利用して、高い回折効率を有するホログラムの試作に成功している。

以上のように、本論文は微細な光ファブリケーションに関して、有効な知見を与えており、応用物理学、特に光工学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。