

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 乙 第	号	氏 名	花井 計
主 論 文 題 目： 微細三次元構造形成用リソグラフィ技術の研究				
(内容の要旨) リソグラフィ技術は集積回路の進歩を支えた技術で、微細構造を再現性よく一括生産性できることから、近年はセンサやMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)等のデバイス作製にも用いられている。従来のリソグラフィ技術は平面的な加工のみであったが、深堀りエッチング等のMEMS技術との組合せにより2.5次元的な加工が可能になった。近年、さらにリソグラフィ技術によって光学部品等のデバイスを作製するために真の三次元加工技術が求められている。本研究では、三次元微細構造形成用のリソグラフィ技術および周辺の要素技術を提案し、試作を通してその有用性を検証した。特に設計段階において画像処理技術を取り入れることで設計上の制約を低減し、設計自由度と試作速度を向上させた。 第1章は序論で、微細三次元加工技術の展開を述べている。 第2章では、微細三次元加工のための光リソグラフィについて、露光光学系およびレジストに関する基礎的な情報を紹介している。 第3章では、画像処理を取り入れた微細三次元加工として、特にグレイスケールリソグラフィについてマスク設計法と実験方法・試作結果について述べている。グレイスケールリソグラフィは、濃淡を含む特殊なマスク(グレイスケールマスク)を用いることで露光量を変化しレジストに直接的に三次元形状を得る技術であり、本研究では微小ドットで擬似的に濃淡を表すハーフトーン法を用い、電子ビーム描画およびプラズマエッチングによってクロムマスクを作製した。プロセスシミュレーションの結果を踏まえ各条件の最適化したうえ、滑らかな曲面を持つ高さ10 μ mのフレネルレンズ形状等の試作した。 第4章では、本研究で新たに提案する基板透過露光法について述べている。基板透過露光法は、露光部分が硬化する感光樹脂を用い、従来は困難であった高アスペクト比の自由曲面を形成することができる。樹脂の塗布条件に制約が少ないため、200 μ m以上の超厚膜を得ることも可能である。各条件を最適化したうえで、化学増感型ネガレジストを用いて高さ250 μ mのフライアイレンズ形状等を試作した。 第5章では、露光系に傾斜・回転機構を取り入れる手法について述べている。傾斜させた試料ステージを回転させることで、従来は困難であった逆傾斜構造をアレイ状に高い均一性をもって作製することが可能である。また、露光系に回転動作を与えることで露光強度が均一化されるため、通常は強度むらが問題となる紫外線発光ダイオードアレイを用いた大面積光源を考案してその検証を行った。 第6章では、立体構造を有する基板に対するリソグラフィ技術について述べている。立体構造に均一にレジストを塗布するため、ビーム成形ノズル式のスプレー装置を改良しながら様々な基板の形状に適する塗布条件を求めた。また、多数の微小梁構造に同時にパタニングをするために、上面・両側面を一括で露光できる斜め露光法を新たに提案した。 第7章は結論で、内容を総括し将来の展望を述べている。 以上、本研究では微細三次元加工用のリソグラフィ技術に関して様々な設計・試作手法を提案して、試作を通してその評価をしており、それらの成果は今後のセンサ・MEMSや光学部品の発展に寄与することが期待される。				