

審査の結果の要旨

氏名 朴 鍾湜

本論文は「Fabrication of 3D Micro structures on Cylindrical substrates and its application for Roll contact printing(円筒形基板上的3次元マイクロ構造物の製作とロールコンタクトプリンティングへの応用)」と題し英文で書かれており、新規3次元の(円筒形の基板)曲面上へのマイクロパターンニング法を開発し、マイクロコンタクトプリンティング用のポリマーのスタンプを製作して、ロールマイクロコンタクトプリンティングを行い、将来にバイオ物質の高速印刷への応用が期待される新たなマイクロパターンニング方法の開発に関するものである。

本研究の目的は、局部光学ソフトリソグラフィを用いて円筒形の基板上にマイクロ構造物の製作技術を開発することである。また、凹面基板上に製作したマイクロ構造物をモールドとして利用してPDMS ローラースタンプのレプリカを製作し、そのアプリケーションとしてロールコンタクトプリンティングを行って、製作したPDMS ローラースタンプとパターンニングの特性を調べた。

凹凸面がある円筒形の基板上にマイクロ構造物を製作する技術はいまだに完全に確立されていない。その中、レーザー直接描画や改良フォトリソグラフィなどのいくつかの製造方法が提案され研究されているものの、これらの技術は、高価な装置や複雑なプロセスが必要である。本研究ではそれらの欠点を克服するために、従来の光学リソグラフィ技術と比べ、比較的簡単で環境の制約が少ない、かつ低コストという長所がある、フレキシブルフォトマスクを使用した局部光学ソフトリソグラフィを開発した。まず、PDMS フレキシブルフォトマスクの製作は、Octadecyltrichlorosilane(OTS)と 11-Mercaptoundecanoic acid(11-MUA)の二つの自己組織化単分子膜を用いてシリコン基板上に製作した金属のマイクロパターンをPDMSに転写されることにより可能になる。その後、厚さ25~50ミクロンであるフィルム型SU-8フォトレジスト、および製作したPDMSフレキシブルフォトマスクを用いて凸面基板の上にSU-8のマイクロ構造物を作製した。なお、曲面基板への露光において、フォトマスクと基板が密着せず、UV光の反射などが生じ、設計通りのパターンが得られない問題がある。それを防ぐために、スリットのシャドウマスクと回転UV露光方法を導入した。その結果、15ミクロンの幅のパターンにおいて約2.6強のアスペクト比を持つSU-8のマイクロ構造物を凸面基板の上に作製した。さらに、今後の応用技術の開発に備え、局部光学ソフトリソグラフィの実験条件を確立させた。

次に、フレキシブルフォトマスクを用いて凹面基板上のマイクロ構造物の製

作も行って凹面基板上の SU-8 のマイクロ構造物を作製した。また、垂直下方の UV 露光と基板の凹面形状からの制限によって、製作したマイクロ構造物に傾きが発生したことを示した。最後に、2.5 ミクロンの幅と 7.9 以上の高アスペクト比を持つ SU-8 マイクロ構造物が凹面基板上に成功に製作されることを確認した。

開発した新規の三次元マイクロ構造物の製作技術に基づいて作った SU-8 構造物をモールドとして利用し、その構造物のレプリカである PDMS のローラースタンプを製作した。また、PDMS のローラースタンプの応用として、ロールツーフラットとロールツーロールステージをそれぞれ試作し、ロールコンタクトプリンティングを実施した。ロールマイクロコンタクトプリンティングにおいて、スタンピングにかかる圧力影響を調べた。また、最小 2 ミクロンまでのパターンニングにも成功した。

本研究を通して、円筒形の基板上の三次元マイクロ構造物の製作技術および、その構造物を基にした PDMS のローラースタンプの新たな製作技術を開発した。さらに、PDMS のローラースタンプを用いたロールコンタクトプリンティングを提案し、産業的なロールプリンティングプロセスのための応用の可能性を示した。なお、この技術から様々な形状や寸法を有するパターンのロールコンタクトプリンティング用の PDMS ローラースタンプを製作することも可能になると期待される。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。