

審査の結果の要旨

氏名 羅 丞曜

本論文は“Large Area MEMS Flexible Color Pixel Sheet by Roll-to-Roll Printing Technology”（邦訳：ロール・ツー・ロール印刷技術による大面積MEMSフレキシブルカラーピクセルシート）と題し、長尺のプラスチック・フィルム材料表面上にロール・ツー・ロール印刷技術による連続加工を施し、大面積にわたって静電駆動型のMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）アクチュエータ構造を集積加工する技術について、その設計方法、製作方法、応用試作例、その評価方法についてまとめたものであり、英文による全6章で構成されている。

第1章は“Introduction”（序論）であり、本研究の背景技術について述べている。従来のMEMS技術では半導体製膜技術やフォトリソグラフィ技術を用いて小型・高精細なデバイスを集積化する手法が主流であったのに対して、本章ではグラビア印刷、フレキソ印刷、ラミネート加工などのロール・ツー・ロール印刷技術を用いることで大面積のデバイス加工が可能であることを述べるとともに、特にその応用先としてフレキシブル画像ディスプレイや電子ペーパーを取り上げ、デバイスの原理と印刷による製造方法について解説し、本論文の目的と研究の意義、論文の構成について説明している。

第2章は“System Design and Simulation”（システム設計および解析）であり、ロール・ツー・ロール印刷技術を用いた大面積MEMSとして、その特性がもっとも発揮できる応用として静電駆動型のファブリ・ペロ干渉計型のカラーピクセルのデバイス原理を提案し、白色の透過光から赤、緑、青の三原色を色純度良く取り出すための光学設計と、静電駆動力による光干渉長の制御方法について説明している。

第3章は“Fabrication”（製作方法）であり、ロール・ツー・ロール印刷型のフレキソ印刷、リフトオフ加工、グラビア印刷、ラミネート加工等を組み合わせることによって、半導体プロセスのフォトリソグラフィと製膜加工に相当するプロセスを大面積にわたって実施する方法について説明している。特に、フレキソ印刷によって所望の形成パターンのネガ型インクを先に塗布しておき、その上から所望の材料を連続蒸着した後、最初のインクを有機溶剤で選択的

に除去することで、リフトオフ型のパタニングが可能であることを実験的に示している。また、第2章で提案した静電駆動型のファブリ・ペロ干渉計型のカラーピクセルをロール・ツー・ロール印刷技術によって連続加工するための具体的方法について述べ、実際に印刷技術によってデバイスを試作した結果について述べている。

第4章は“Characterization”（評価技術）であり、第3章で製作したデバイスの光学特性（透過率、色純度）、色味の観察角度依存性、コントラスト、静電駆動特性、色純度の改善方法、マトリクス型のピクセルの個別駆動実験結果、および、印刷による製造歩留まりについて述べている。

第5章は“Discussion”（考察）であり、ロール・ツー・ロール印刷技術を用いたMEMS構造製作の際の、層間アラインメント（位置決め）精度、ラミネート貼り合わせ加工時の角度アラインメント精度について述べるとともに、製作した静電駆動型カラーピクセルに電圧を印加し続けた際に生じるデバイスの劣化と色味の変化に関する実験結果について報告している。

第6章は“Conclusion”（結論）であり、本論文で示した成果を総括している。

以上これを要するに、本論文は、従来の半導体微細加工技術におけるフォトリソグラフィ工程、製膜工程、エッチング工程、ウエハ貼り合わせ工程などを、それぞれロール・ツー・ロール型のフレキシソ印刷、グラビア印刷、リフトオフ洗浄、および、ラミネート加工に置き換えることで、従来にない大面積・長尺にわたるMEMSデバイスの加工を高速加工で実現する新たな製造手法を考案するとともに、実際に各種ロール・ツー・ロール印刷技術を用いて静電駆動ファブリ・ペロ干渉計型のフレキシブルカラーピクセルシートを製作してその動作を実証し、印刷による製膜厚みや位置合わせ等の加工精度について実験的に検証したものであり、電気工学に貢献するところが少なくない。

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。