

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 金俊完

本論文は「A Study on Micro Patterning Method Using Electrically Controlled Nano-particle Deposition」、(静電気力を利用したナノパーティクルによるマイクロパターニング手法に関する研究)と題し、バイオチップ、ディスプレイ、半導体デバイスなど様々な分野で必要としているバイオ材料、有機高分子材料などのマイクロパターニングを目的として、静電気力を用いた新たな手法のタンパク質デポジション法の開発に取り組んだ研究成果を纏めたものである。

本論文は、全5章から構成されている。

第1章は「序論」であり、本研究の背景と目的、および本論文の構成について述べている。生体高分子の固定化のために Micro Spotting, Inkjet Printing, Screen Printing, Micro Contact Printing などの方法があるが、これらにはウェットプロセスであることによる問題がある場合がある。そこで、この問題を解決するための方法として、静電気力を利用したナノパーティクルによるマイクロパターニング手法を提案し、この有効性を確かめることを本博士論文研究の目的とすることを述べている。

第2章「原理・概念と実験装置」では、先ず、本論文開発するドライ・マイクロパターニング法の原理を示し、1) 静電気力で誘導しながら乾燥、2) ステンシルマスクでドライパターン、の3つの要素で構成されることを述べている。微小液滴の生成として Electro spray Deposition (ESD)法を用い、生物活性を維持し乾燥した状態で膜上に形成できることを明らかにし、バイオ材料、有機高分子材料などの固定化に有効であることを示した。しかし、この ESD では、電気伝導度の小さい場合にのみ使用できるという制限があり、これを解決するために、帯電した微小液滴を作製する方法として弾性表面波 (SAW) 霧化技術を利用する方法を考案している。

第3章「SAW-ED の基本性能」では考案した SAW-ED の有効性と基本的な特性を評価することを目的として、プロトタイプを作製した。SAW 霧化法で、直径 10 ミクロン以下の微小な液滴の霧化が可能であることを確認した。ついで、捕集効率や固定された粒子の状態への、SAW デバイスの駆動周波数やデューティ比等の駆動方法、電界強度等の影響を実験によって調べ、捕集効率を高めるための指針を得ている。また、コリメータ電極を付加することによって電界の形状を変化させることによって捕集効率を大幅に向上できることを示した。

第4章「ESD と SAW-ED の機能性能」では開発した実験装置を用い、ESD

と SAW-ED でのステンシルマスクを用いたマイクロパターンニングの成形実験を種々のマスク形状と寸法のものについて行い、良好な転写精度が得られることの確認を行っている。微小寸法の穴をつけたマスクにおいては、マスクへの帯電により、マスク穴幅よりも小さなパターンを固化できることを見出しており、ナノプリンティング技術への展開の可能性を示している。

SAW-ED の有効性を確認するために、ESD の前処理である脱塩プロセスで失活する Luciferase の固定化の実験を行い、SAW-ED では活性を維持しながら固定化できることを証明した。活性の維持には温度を適温に保つ必要があるが、SAW-ED においては、SAW デバイスの基盤である圧電体板が発熱することによる温度上昇が問題になった。そこで、ペルチェ素子による冷却機構を付加することなどにより、活性の低下を防ぐことに成功している。

第5章「結論」では本研究で得られた成果を纏めるとともに、開発した新しい固定化技術の今後の研究課題と将来展望を述べている。

このように、本論文では新しいドライパターンニング技術として、ESD と SAW-ED を提案し、シリコン MEMS 技術を利用して製作したステンシルマスクを用いることにより従来の方法では困難であった生体高分子材料の超微細マイクロパターンニングが可能であることを示し、SAW-ED 法の捕集効率、サイズ・分布の均一性、デポジション速度、生物活性など、物理・化学的な性能評価を行っている。これらの研究成果は、生体高分子、有機物質等の微細パターンニング等に広く利用できる有用な技術として活用されることが期待できる。

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。