

マイクロ加工による蛍光観察用全反射型デバイスの開発

LE NAM CAO HOAI

本論文は、微小電気機械システム (MEMS) 技術を利用し、微小統合分析システム (μ -TAS) における蛍光分子検出に用いられる全反射型 TIR (Total Internal Reflection) 照明デバイスの小形・高機能化を目的としたデバイス構造の提案とその設計、製作技術の開発について報告するものである。

本研究TIRデバイスの製作において、異方性エッチング、D-RIE (Deep-Reactive Ion Etching) およびPDMS (Poly (dimethylsiloxane)) のキャストリングを用いることにより、同一基板上に複数の光学要素を集積することができ、光学系の光軸アライメントや部品実装が不要となった。製作したTIRチップは、様々なサンプル導入形態に対応でき、正立、倒立いずれの顕微鏡観察にも利用可能である。

Siモールドの表面粗さを低減するために、Si加工部の平滑化法を提案した。エッチングマスク材、パターン寸法、D-RIE条件、および酸化とBHFエッチングの組み合わせによりエッチング表面を平滑化することができた。PDMSへ転写したレンズ表面において、散乱を防ぐ基準である表面粗さ25 nmを達成することができた。第一の応用デバイスは、蛍光分子を励起する単一波長励起エバネッセント場を形成した単一色TIRチップ (寸法10 mm×15 mm×1 mm) である。本開発単一色TIRチップを応用し蛍光ビーズの平均速度計測および蛍光DNA分子のブラウン運動をはじめて観察することができた。

第二の応用デバイスは、二種類の蛍光分子を励起するために、二つのエバネッセント場が重なる二波長励起TIRチップ (寸法10 mm×20 mm×1 mm) である。本開発デバイスを用い波長473 nmおよび543 nmのレーザー光を同時に導入し、二種類の蛍光分子の分離・分級、また二種類の蛍光ビーズのブラウン運動を同時観察することができた。

本研究で提案したTIRデバイスは、従来の全反射蛍光顕微鏡システムに用いる光学系 (最小寸法約50 mm×50 mm×30 mm) よりも小さく、汎用の蛍光顕微鏡に容易に設置でき、低コストのエバネッセント場を提供できることを示した。本研究成果は、今後、高感度で高解像度の蛍光観察が必要とされる μ -TASの検出部として用いられる可能性を示唆するものである。