

マイクロ流路の微細加工精度向上に関する研究 Study of nano-fabrication technologies for microfluidic devices

中野 圭洋^a, 安池 雅之^a, 梶原 建^b

Keiyo Nakano^a, Masayuki Yasuike^a, Ken Kajiwara^b

^a株式会社ESPINEX, ^b豊田工業大学

^aESPINEX, Inc., ^bToyota Technological Institute

マイクロ流路チップは、高感度・高精度のセンサーとして生化学検査や医療診断分野への応用が期待されており、さらなる構造の微細化・集積化技術が求められている。本開発では前年度に続いて、タンパク質を単一分子レベルで検知するための単一分子検出マイクロ流路チップについて、検出結果の一貫性を向上させるために流路の微細化及び流路側壁の垂直性の改善をおこなった。

Microfluidic devices have obtained intensive attention recently due to their vast potential applications such as medical diagnostics, ultra sensitive sensor or biochemical detections. Now, higher level of density, integration and miniaturization for microfluidic channel fabrications are highly demanded. In this report, optimizing the fabrication technologies for smaller channels and rigid cross-sections has been conducted in order to achieve the stable experimental results.

背景と研究目的： マイクロ流路チップを含む単一分子検出システムは、新規生命現象の解明につながる画期的な発明として、Fig. 1 に示すように癌のメカニズムの解明や効果的な抗癌剤の創薬への応用が期待されている。このシステムで使用されるマイクロ流路チップは最小線幅数 μ 以下の高精度な流路形状を必要とし、原理上石英ガラスを用いる必要があるため、貼り合せ加工や素材の硬度、製造コストなどの技術面での課題が多い。

本研究では、より正確に生体分子を制御して検出感度を向上させるために流路の微細化及び流路側壁の垂直性を保つリソグラフィとエッチングの加工条件を探った。

単一分子検出マイクロ流路チップの加工方法：

Fig.2はマイクロ流路の加工工程を示している。まず、熔融石英ガラス基盤上にポジティブ型レジストをスピコートし(b)、プリベイクした後、最小流路幅 $2\mu\text{m}$ の流路パターンが描画されたメタルマスクを用いてマスクアライナーで露光後に現像する(c)。その後、ドライエッチングで深さ $0.5\mu\text{m}$ の流路を形成し(d)、アッシングによりレジストを除去する(e)。その後、サンドブラスト加工によりマイクロ流路への導入口を加工し(f)、蓋材の石英ガラス板と熱溶着し(g、h)、1基板上に多数の流路を有するマイクロ流路デバイスを作製した(Fig.3)。

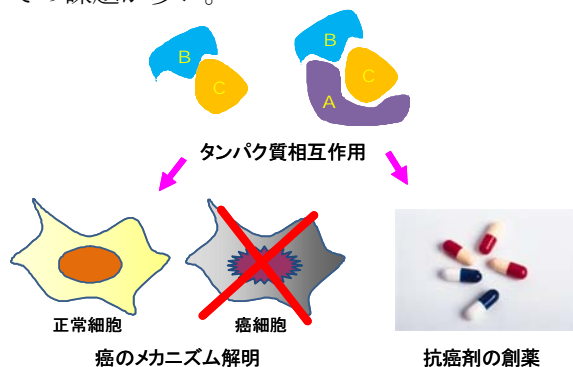


Fig.1 Applications for the single-molecule detection system








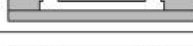
Side View	Fabrication Flow
(a)  ← fused silica wafer	4-inch fused silica wafer
(b)  ← photoresist	Spin coat photoresist
(c) 	UV exposure and develop
(d) 	Dry etch to 500nm
(e) 	Remove photoresist
(f) 	Sand blasting inlet and outlet holes
(g)  ← Upside down fused silica wafer	Bond with another wafer
(h) 	Top View of fig(g)

Fig.2 Fabrication process for the microfluidic device (a)–(h)

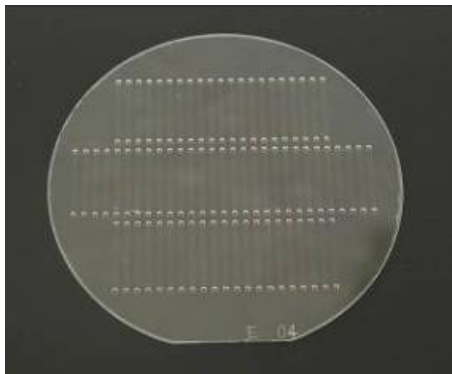


Fig.3 Microfluidic device for single molecule detections

現状と改善結果： Fig.4(a)は作製したマイクロ流路デバイスの流路断面のSEM画像、(b)はその流路側壁の拡大部である。流路側壁の角度が10度程度で垂直性が悪く、高分子溶液を送液する際の空気層が残留する原因になっており、計測データのバラツキの原因になっていた。検討の結果、側壁角度の垂直性が低い原因は現像時点でのレジストの垂直性に起因しており(Fig.5)、使用するレジストをTSMR-V90(東京応化工業株式会社製)からAZ1500-3.8cp (Micro Chemicals社製)に変更し、露光時間等の最適化を行った結果、Fig.6に示すように垂直性は改善された。これにより、送液の際に空気層が流路内に残留する現象が改善された。

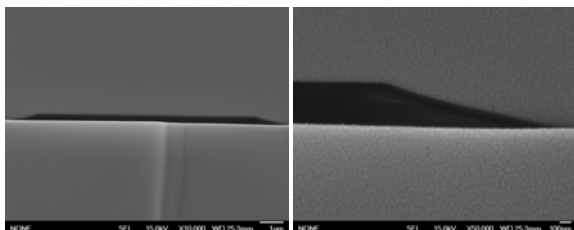


Fig.4(a) SEM image of the microfluidic channel from cross-sectional view (b) Enlarged view of the inner wall of microfluidic channel



Fig.5 Optical microscopic image of photoresist (TSMR-V90) from side view



Fig.6 Optical microscopic image of photoresist (AZ1500 3.8cp) from side view

謝辞： 本研究では、梶原建氏をはじめとする豊田工業大学共同クリーンルームの皆様にご助言・ご協力頂き、高精度な試作品が完成した。ここに深く感謝致します。