

コンパクトディスク型表面プラズモン共鳴センサの開発

九大院工 ○中嶋秀, 本明紘, 今任稔彦

1. 緒言

演者らはこれまでに、小型でポータブルなマルチチャンネル表面プラズモン共鳴(SPR)センサ(170 mm (w) × 110 mm (D) × 150 mm (H), 約1.5 kg)を開発している¹⁾。本センサは、屈折率感度 10^{-6} RIUを有する高感度センサであるが、複数のセンシングポイントに試薬や試料を送液するためには、多数のポンプとバルブが必要になるので、システム全体としては大型化する。このため、オンサイトでの使用にはなお問題を残している。

そこで本研究では、ポンプやバルブを全く使用しない、真にポータブルなSPRセンサを開発することを目的として、コンパクトディスク(CD)型SPRセンサについて検討を行った。これは、CD上に多数の溶液溜めと微細流路(マイクロチャネル)を作製し、CDの回転による遠心力を利用してマイクロチャネル内に試薬及び試料を導入し、試料中の各成分をマイクロチャネル内壁に固定した種々のレセプタータンパク質との相互作用により分離した後、SPR現象を利用して多成分を同時に検出する、新規SPRセンサを開発するものである。本講演では、遠心力を利用した送液とSPRセンサの光学系について報告する。

2. 実験

シリコン基板上にネガ型フォトレジスト(su-8)を塗布し、500 rpmで20秒間回転させた後、さらに2000 rpmで20秒間回転させた。この基板を95℃で10分間ベークした後、目的流路(図1)を描写したフォトマスクを重ね、紫外線露光した。次に、95℃で3分間ベークした後、専用現像液で現像し、さらに200℃で3分間ベークして、マイクロチップの鋳型となる凸型テンプレートを作製した。このテンプレート上に触媒を添加したポリジメチルシロキサン(PDMS)プレポリマーを流し込み、60℃で1時間ベークして硬化させた。

これをテンプレートから剥離し、液溜め用の穴を開けた後、PET基板と張り合わせ、図2に示すCD型マイクロチップ(直径12 cm)を作製した。

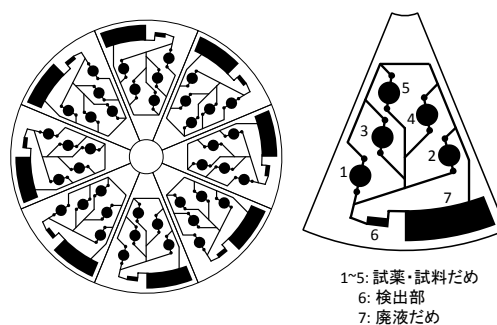


図1 マイクロチャネルのデザイン

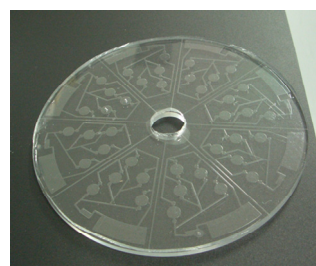


図2 作製したCD型マイクロチップ

3. 結果及び考察

3-1. 遠心力を利用した送液

CDの回転により生じる遠心加速度 g_c は次式で表される。

$$g_c = R\omega^2 \quad (1)$$

ここで、 R は回転半径、 ω は角振動数である。一方、溶液溜め出口を溶液が流れ出るために必要な加速度 g_s は次式で表される。

$$g_s = \frac{-2\gamma \cos \theta}{r\rho h} \quad (2)$$

ここで、 γ は表面張力、 θ は接触角、 r は溶液溜め出口の換算半径、 ρ は溶液の密度、 h は液高さである。したがって、①式および②式から溶液が流れる回転数 f (rpm)は次式で表される。

Development of Surface Plasmon Resonance Sensor on a Compact Disk-Like Microfluidic Device

Hizuru NAKAJIMA, Akihiro MOTO and Toshihiko IMATO

$$f = \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{2\gamma \cos \theta}{Rrph}} \quad (3)$$

熱流体解析ソフトウェアFLUENT6.2を用いたシミュレーションにより、CDの回転数を変化させることによりCD上の各溶液溜めから溶液が流れだす順番を制御できることがわかった。そこで、作製したCD型マイクロチップの溶液溜めにローズベンガル水溶液を中心に近い液溜めより5, 10, 15, 20, 25 μL ずつ加えてチップを回転させたときの溶液の流れを観察した。図3に溶液が流れる様子を、また、図4に溶液溜めの位置と流出開始時の回転数の関係を示す。回転数が増加するにしたがって、CD型マイクロチップの外側の溶液溜めから溶液が順番に流れだすことを確認した。

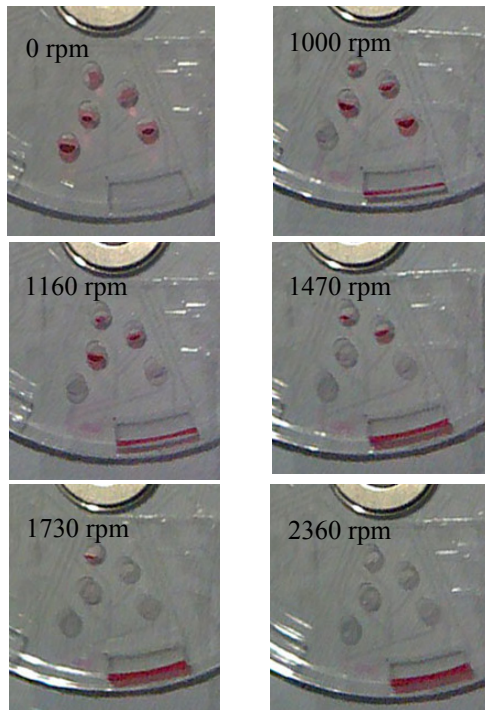


図3 CDの回転により液溜めから溶液が流れる様子

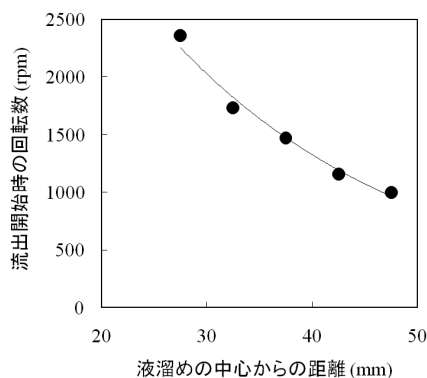


図4 溶液溜めの位置と流出開始時の回転数の関係

3-2. SPRセンサの光学系

SPRセンサにはクレッチマン型配置の光学系が汎用されているが、回転型SPRに展開する場合、高価なプリズム部分もCD上に形成する必要があるため、低コスト化は困難である。そこで、図5に示すような反射型グレーティング方式の光学系を考案した。センサチップはガラス基板にグレーティングフィルム(1000本/mm, 深さ100 nm)を接着し、これに金を75 nmの厚さで蒸着したものを用いた。光源として白色光を用い、これをファイバーコリメーターにより直径3 mmの平行光とした後、上記基板に垂直に照射した。反射光として得られた回折光を偏光子を通してリニアCCDセンサ上に投影して検出した。センサチップに種々の濃度のスクロース溶液を導入したときのセンサ応答を図6に示す。共鳴波長はスクロース濃度が増加するにしたがって長波長側にシフトし、スクロース濃度と波長変化量をプロットした検量線は良好な直線関係を示した。このことから、本光学系を回転型SPRセンサに展開できると考えられる。

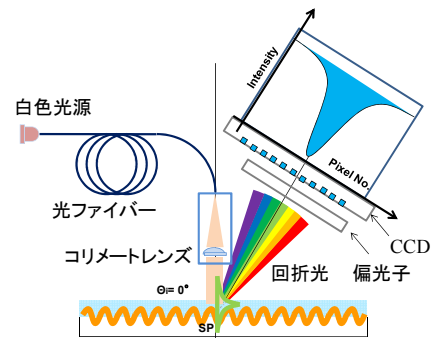


図5 反射型グレーティング方式SPR光学系

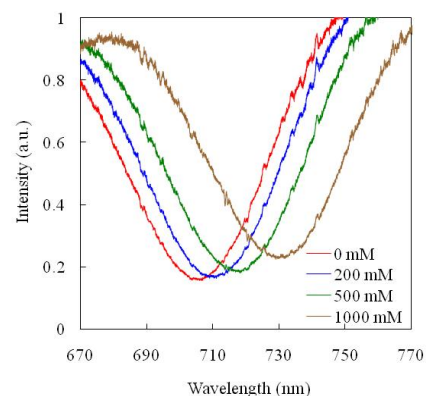


図6 スクロースに対するセンサ応答

4. 参考文献

1. H. Nakajima et al., *Proceedings of the μTAS 2007*, **2**, 1053-1055 (2007).