

## 技術ノート

## 微細流路基板の作製技術

加沢エリト\*<sup>1)</sup> 渡邊耕士\*<sup>1)</sup> 工藤寛之\*<sup>2)</sup>

Fabrication technique for micro fluidics

Elito KAZAWA, Koji WATANABE and Hiroyuki KUDO

## 1. はじめに

$\mu$ TAS (Micro Total Analysis System : 小型化学分析システム) や LOC (Lab On a Chip : 化学合成・分析チップ) とよばれる小型の生化学分析システムチップ製造に必要な微細流路基板の作製技術に関する研究を行った。

微細流路基板の要件は2点で、ひとつは基板上に溝を形成する手法、もうひとつは溝基板にふたを貼り合わせることで漏れの無い封止を行うことである(図1)。本研究ではアクリル樹脂基板を対象に微細流路基板を作製する技術について試作・検討を行った。

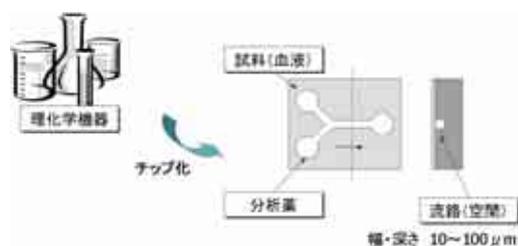


図1 流体チップの基本構造

## 2. 流路基板の試作

## 2.1 溝基板の作製

溝基板には厚み3mmのアクリルキャスト製基板を用いており、溝加工にはプリント配線板試作に用いられる基板加工装置(図2)を用いた。この装置はプリント基板加工に特化したミリングマシンで、加工ヘッド(図3)がXY方向に移動する。

装置の設置面積はおよそ70cm×60cmと小型で、簡便に流路基板を作製できる利点を持っている。溝基板の試作例を図4に、加工条件を表1に示す。



図2 加工装置 図3 加工ヘッド 図4 溝基板

\*<sup>1)</sup> エレクトロニクスグループ\*<sup>2)</sup> 東京医科歯科大学 生体材料工学研究所

表1 溝加工条件

刃幅	0.6mm
形状	V字 45°
回転数	40,000rpm
刃送り速度	20mm/sec
加工溝幅	200 $\mu$ m

基板加工装置により得られた溝幅はおよそ230 $\mu$ mであり、加工面が白く荒れていた。SEM(走査電子顕微鏡)を用いた加工面の観察結果を図5~7に示す。

溝の側壁と底部とでは加工痕の様相が異なっていた。溝の側壁部は比較的丸みを帯びた加工痕であるのに対して、底部の加工痕は数 $\mu$ m単位でひび割れた様相をしている。

加工面の荒れは流路損失につながるとともに、試料付着の要因になる。コーティングやエッチングなどの手法により、加工面を平滑化することが今後の課題となる。

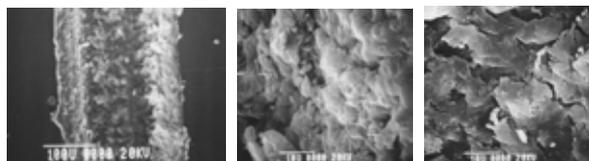


図5 加工溝 ×50 SEM像 図6 溝側壁 ×500 SEM像 図7 溝底部部 ×500 SEM像

## 2.2 接着による基板封止

溝加工したアクリル樹脂基板に平板のアクリル樹脂基板を貼り合わせることで封止する技術について検討した。貼り合わせ条件を表2に、貼り合わせ結果の例を図8に示す。

表2 溝基板の貼り合わせ条件

type	貼り合わせ手法・条件
1	溶着：二塩化メチレン
2	溶着：MMA(メタクリル酸メチル)
3	接着：PMMA系電子線レジスト OEBR-1000 (エチルセロソルブアセテート80%)
4	圧着：熱プレス(10kg/φ100mm 200°C)



図8 接着剤等による溝基板の貼り合わせ結果  
(左から、熱プレス、MMA、2塩化メチレン、OEBR)

どの貼り合わせ条件でも気泡(ボイド)の混入や溝の埋まりがみられた。また、MMAまたはOEBRを用いた貼り合わせでは貼り合わせ途中でずれが生じやすい。

### 2.3 硬質フィルムによる封止技術

加工溝を埋めることなく、ボイドフリーにアクリル基板を張り合わせることが難しく、さらに、再現性に劣るため従来技術とは異なるアプローチを検討した。

図9に示すように、PET(ポリエチレンテレフタレート)やPI(ポリイミド)などの硬質フィルムにPDMS(ポリジメチルシロキサン)をコーティングし、基板端から貼り合わせていくことでボイドフリーの貼り合わせが可能となった。試作結果を図10および図11に示す。

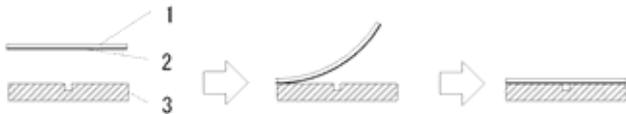


図9 封止工程

(1. 硬質フィルム, 2. 粘着層, 3. 溝基板)

図10のリアクタチップに加圧送水したところ、つづらおり状の流路を漏れなく送液できた。硬質フィルムを用いた溝基板の封止法は簡便であり、室温で作業できる利点をもつばかりでなく、有機溶媒などを使用しないため、試薬類をあらかじめ流路に封入することもできる。



図10 リアクタチップ

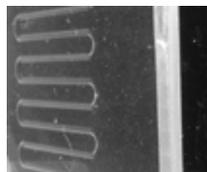


図11 接合面

## 3. 動作試験

試作した流路基板を用いて図12の模擬システム(W40cm×D30cm×H10cm)を構築し、送液および温度制御の動作試験を行った。動作制御には8bitのマイクロコントローラを使用し、ポンプユニット(図13)と温調ユニット(図14)を独立制御している。

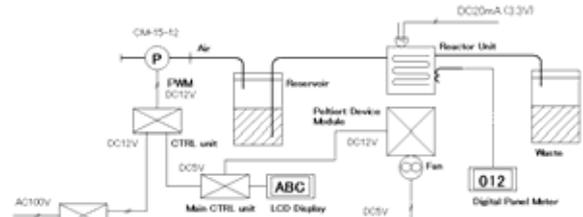


図12 システム構成

ポンプユニットはPWMによってエアポンプのモーター一回転数を制御しており、加圧エアを用いて貯液槽の内圧を高める背圧加圧方式にて送液した。これにより、ポンプの脈動を緩和することが可能になると同時に、原理的には水以外の薬品類の送液が可能である。



図13 ポンプユニット

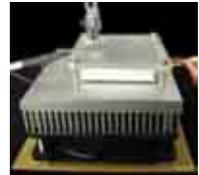


図14 温調ユニット

温調ユニットは、パワーMOS-FETをブリッジ構成とすることでペルチェ素子を正逆制御し、冷却・加熱できるようにした。また、小型のスイッチング電源で駆動するために2個のペルチェ素子をスタックすることで駆動電流を緩和させた。温度制御に用いたペルチェ素子は12V-6A級のもので、最大吸熱量は57Wである。温調ユニットを用いた流路基板の温度制御特性の結果を図15、図16に示す。

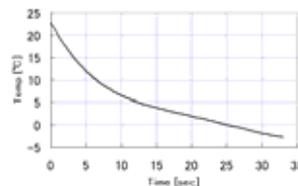


図15 降温特性

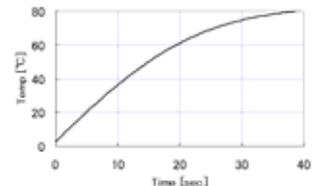


図16 昇温特性

室温から5°Cまでの冷却時間はおおよそ12秒であり、また、約10秒間で0°Cから40°Cまで加熱することのできるなど極めて短時間で温度を変化させられた。

## 4. まとめ

プリント基板加工機を用いてアクリル基板に微細な溝形成するとともに、硬質フィルムに自己吸着層を塗布形成したものを貼り合わせることでμTASやLOCに必要な微細流路基板を作製した。この手法は、室温(常温)で基板封止をすることが可能になり、さらに溝を埋めてしまうような不具合も生じない利点をもっている。

(原稿受付 平成17年8月3日)