

機関番号：13601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2010

課題番号：19510128

研究課題名（和文） オリジナル・マイクロリアクターの簡便な作製技術

研究課題名（英文） Easy Production of Original Microreactors

研究代表者 渡邊 真志（WATANABE MASASHI）

信州大学・繊維学部・准教授

研究者番号：90301209

研究成果の概要（和文）：インクジェットプリンターで印刷するだけで、簡便にマイクロ化学チップを作製する方法の開発を行った。また、この方法で作製されたマイクロ化学チップにおいて、連続的に溶液を流すこと、水だけでなく各種の有機溶剤を流すこと、2液を混合させ反応を行うこと、有機相と水相の安定な界面を形成させること、有機相と水相の界面を通して抽出を行うこと等が出来るようになった。

研究成果の概要（英文）：A method for producing microfluidic devices using an office inkjet printer was developed. Using such microfluidic devices, various chemical operations could be successfully carried out, as follows: Water continuously flowed through the channels of the microfluidic device. Various organic solvents flowed through the channels. Mixing two solutions and the reaction of them were carried out in the channel. A stable interface between an aqueous phase and an organic phase was obtained. Extraction was performed through the interface.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	300,000	90,000	390,000
2010年度	300,000	90,000	390,000
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：マイクロ化学システム

科研費の分科・細目：ナノ・マイクロ科学 ・ マイクロ・ナノデバイス

キーワード：マイクロ化学システム

1. 研究開始当初の背景

マイクロ化学チップは、化学的な合成や分析を小さなチップ上で行う装置で1990年ころから国内外で盛んに研究されるよう

になった。もともとこの分野では、半導体の微細加工技術を応用してマイクロ化学チップを作製しようという方向で進んできたので、精密なチップを作製することは出来るが、その反面、微細加工技術に不慣れな者には作

製できなかった。

2. 研究の目的

マイクロ化学チップを使う人、すなわち、エンドユーザーは多くの場合、化学や生物の研究者や技術者であったり、医療関係者であったりする。このように、エンドユーザーのほとんどは微細加工技術の専門家ではなく、全くの未経験者である。従って、ユーザーが自分で使うマイクロ化学チップを、自分で設計し、自分で作製することはほとんど不可能であり、既製品を使うよりほかはなかった。しかしながら、特に研究開発の現場にいるユーザーにとっては、自分の研究目的に合わせて特別に設計されたチップが必要になることも多いと思われる。また、昨今の研究開発競争の過熱ぶりを考えると、そのような特別なチップを直ちに手に入れたいとも思うはずである。チップを外部に特注して、何週間も経ってから納品されるのでは、研究開発が停滞してしまうからである。このような状況から、エンドユーザーがマイクロ化学チップを自ら設計でき、短時間で簡便に、自ら作製できるような新しい技術の開発が必要であると考えられる。本研究では、ユーザーがパソコン上で描いたマイクロ化学チップの設計図を、プリンターで印刷するだけでチップが出来上がる、というような非常に簡便な新しい方法の開発を目的とした。

3. 研究の方法

通常、マイクロ化学チップには「流路」と呼ばれる細い配管がある。このような配管を組み合わせることによって、化学反応を行ったり、抽出を行ったり、分離精製を行ったりすることができる。従ってマイクロ化学チップにおける流路は、配管として単に液体を流すためだけのものではなく、種々の化学工学的な単位操作を行うための重要な構成要素であると言える。

そこで本研究では、このような流路を印刷技術で作製する方法を創出することにした。流路は配管であるがゆえに、通常は、エッチング等で基板を削って、物理的な溝を作って作製される。しかしながら、このような溝を印刷技術で作るのは困難であるから、本研究では溝が無くても、液体を基板上の所望の位置に固定する（閉じ込める）方法を新たに考えた。

雨が降っている時など、湿度の高い状態では窓ガラスに小さな水滴が付いて曇って見えることがある。このような水滴は、液体ではあるが、窓ガラスに付着したまま落ちては

来ない。このように、微小領域における液体は条件さえ整えば、溝や窪みがなくても、平面基板上に固定することが可能である。その条件とは、基板上における液体の前進接触角と後退接触角の差が、ある程度以上、大きいことである。

そこで本研究では、マイクロ化学チップの流路に流す、水や有機溶媒の前進・後退接触角の差が大きくなるような基板を作製し、溝が無くても、基板上に液体を線状に固定できるようにした。前進・後退接触角の差を大きくさせる手法としては、基板の表面を適度に粗くする方法を採用した。

また、基板上の所望の位置に水などの流体を線状に固定させるため、アルコール類などをインクとしてインクジェットプリンターで線を予め印刷した。この線が呼び水となって、流体を所望の線の上に流し込むことが出来た。

4. 研究成果

(1) インクジェットプリンターによるマイクロ化学チップの作製方法の開発

高価で特殊な機器を使わずに、誰でも簡単に、低コストにマイクロ化学チップを作製できるようにするため、インクジェットプリンターとしては市販の事務用のプリンターを用いた。その結果、ユーザーがパソコン上で流路の形を描き、それをプリンターでガラス基板2枚に印刷し、重ねあわせるだけでマイクロ化学チップを作製できる技術を開発した（図1）。

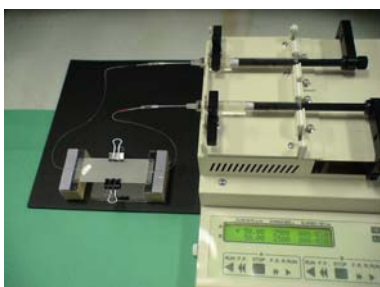


(図1) マイクロ化学チップを作製するためのインクジェットプリンター

(2) 連続的に流体を流す方法

本研究の流路は、前述のように溝ではないので、圧力を掛けて流体を流すのは難しいかも知れないという危惧はあったが、シリンジポンプを使って、吸引と吐出を同時に行うことにより、溝のない流路でも溢れることなしに流体を流すことが出来るようになった（図

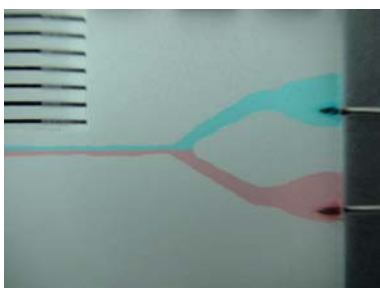
2)



(図 2) 流体を連続的に流すためのシリンジポンプ

(3) 2 液の混合と反応

上記の方法で連続的に溶液を流しながら、Y字形流路を用いて 2 液を混合し、反応を行わせることが出来た (図 3)。



(図 3) 2 液の混合と反応の例

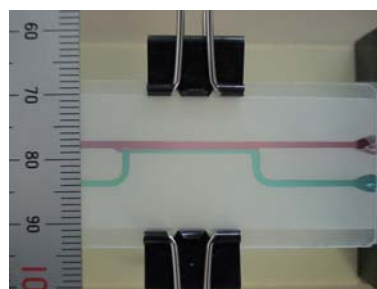
(4) 使用できる流体の種類

水溶液だけでなく、各種の有機溶媒も流せるようになると、化学的な合成等への応用が出来るようになる。そこで、基板の表面処理を種々検討した結果、キシレンのような非極性溶媒を含む各種の有機溶媒を流路に流せるようになった。流せるようになった有機溶媒としては、キシレン、ニトロベンゼン、ジメチルスルホキシド、イオン液体、炭酸プロピレン等を挙げることができる。

(5) 有機相・水相の界面の形成

キシレンを満した流路と、水を満した流路とを接合させ、有機相と水相の安定な界

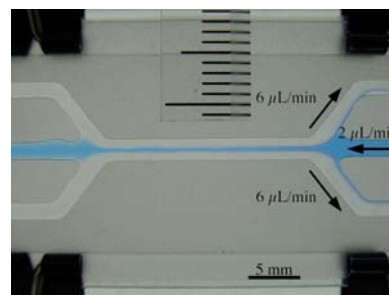
面を形成させることができた (図 4)。



(図 4) キシレン (赤) と水 (青) との界面の形成

(6) 液-液抽出

有機相から水相への化合物の抽出が、本研究の「インクジェットプリンターで作れるマイクロ化学チップ」でも実際に行えることを確認できた。キシレンに溶かした色素を、水相に抽出させた。また、図 5 のように、向流で流すことも出来た。



(図 5) 流路を用いた抽出の例

(7) インクの最適な物性

本研究ではインクジェットプリンターのインクとして、アルコール類など、極性の比較的高い有機液体を用いる。どのような物性がインクとして適しているかを明らかにした。大雑把に言うと、基板上でのインクの前進接触角、後退接触角ともに小さい方が好ましいことが理論的に示された。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① Masashi Watanabe, Yu Eiwa, and Sho Tokunaga: Suitable properties of ink to create inkjet-printed surface-directed

microchannels that utilize the pinning effect of a triple line on a rough surface; *Sens. Actuators B*, in press. 査読有

M. Watanabe: An inkjet-printed microfluidic device for liquid-liquid extraction; *Analyst*, **136**, 1420-1424 (2011). 査読有

M. Watanabe: Microfluidic Devices Easily Created Using an Office Inkjet Printer; *Microfluid. Nanofluid.*, **8**, 403-408 (2010). 査読有

M. Watanabe: Surface-Directed Channels Filled with Organic Solvents; *Lab Chip*, **9**, 1143-1146 (2009). 査読有

M. Watanabe: Formation of a Water-Xylene Interface in a Microchannel without Sidewalls; *Anal. Chem.*, **81**, 8213-8218 (2009). 査読有

M. Watanabe: Microchannels Constructed on Rough Hydrophobic Surfaces; *Chem. Eng. Technol.*, **31**, 1196-1200 (2008). 査読有

6 . 研究組織

(1)研究代表者

渡邊 真志 (Watanabe Masashi)
信州大学・繊維学部・准教授
研究者番号：9 0 3 0 1 2 0 9

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし