

課題番号 : F-15-WS-0018
利用形態 : 技術代行
利用課題名(日本語) : 微小ドロップレット形成チップの作製
Program Title (English) : Fabrication of chips for preparation of fine droplets
利用者名(日本語) : 金井俊光
Username (English) : T. Kanai
所属名(日本語) : 横浜国立大学大学院工学研究院
Affiliation (English) : Faculty of Engineering, Yokohama National University

1. 概要(Summary)

食品、医薬品、化粧品、機能性材料などの様々な分野においてエマルションやコロイドが使用されている。その中で、大きさが揃った単分散微粒子は、微粒子同士が同じ性質・挙動を示し、均質な性能が得られるため、重要である。さらに微粒子を充填、配列、集積化することができ、ビルディングブロックや空間制御材料として利用でき、これにより高比表面積材料、緻密な焼結体、集積体、空隙が均一な多孔体、コロイドフォトニック結晶などの応用も期待できる。これまで一部のポリマーやシリカでは、乳化重合法や stöber 法により CV 値 5% 程度の単分散性の高い微粒子が得られているが、多くの材質では高単分散微粒子を作製することは難しいのが現状である。様々な分野で高品質・高性能化が進んでおり、その基盤となる微粒子の単分散性やサイズを制御できる新しい技術開発が、ますます重要になっている。

本研究では、微細加工技術により $1\ \mu\text{m}$ 以下の流路をもった複数のチャンネルを基板に作製することを検討し、単分散エマルションを大量生産できるデバイス開発を行うことを試みた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

UV 露光装置、Deep-RIE 装置、プラズマリアクター、FIB-SEM、静電接合装置

【実験方法】

まず、幅 $500\ \text{nm}$ 、深さ $500\ \text{nm}$ 、長さ $5\ \mu\text{m}$ からなるチャンネルを 50 本配置した T-junction 型の多チャンネルチップを設計した。次に、リソグラフィや FIB 加工などにより、Si 基板上にチャンネルや液体導入部を作製した。その後、Si 基板の加工面側からガラス基板を陽極接合により接着することで、多チャンネルチップを作製した。

単分散微小ドロップレットを作製するため、油相としてシ

リコンオイルを、水相として界面活性剤(Tween20)を添加した超純水を用い、シリンジポンプによりこれらの液体を多チャンネルチップに流入させた。高速度カメラを用いてドロップ形成過程を観察した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig.1には、作製したデバイスの外観写真と光学顕微鏡画像および SEM 画像を示す。微細加工により、上部の幅約 $780\ \text{nm}$ 、下部の幅約 $320\ \text{nm}$ 、深さ約 $560\ \text{nm}$ 、長さ約 $5.0\ \mu\text{m}$ からなるチャンネルを 50 本形成できた。

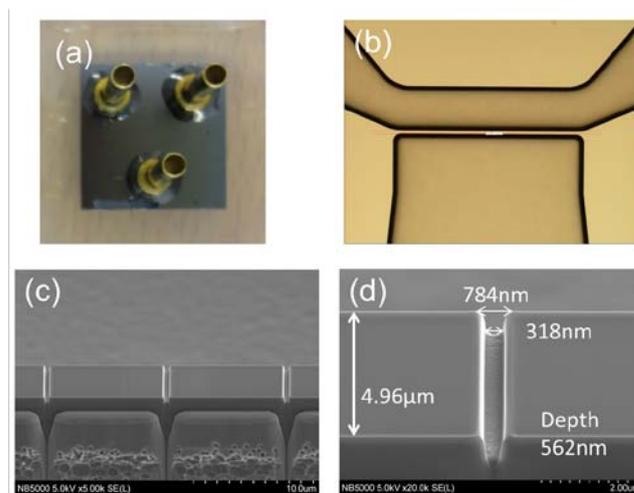


Fig. 1 (a) Photograph, (b) micrograph, and (c)-(d) SEM images of the fabricated device.

Fig. 2(a)には、高速度カメラにより撮影したチップ内の液滴形成過程を示す。油相は上部から下部流路に向かって 50 本のチャンネルを通過して流動する。一方、水相は、下部の流路を右から左方向へ流動する構造になっている。チャンネルの出口において油相が水相にせん断されることにより微小油滴が形成されている。水相の流量を増加させることにより、油滴の大きさを減少させることができた。Fig. 2(b)には、回収した油滴の光学顕微鏡画像を示す。

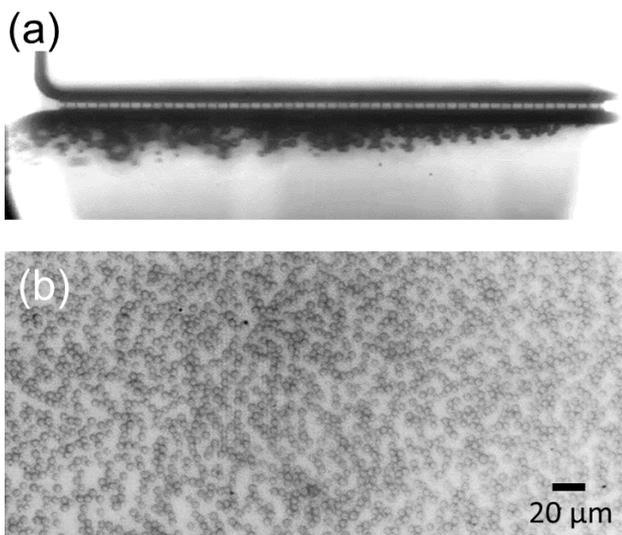


Fig. 2 (a) Formation of oil droplets through channels in the device. (b) Micrograph of the obtained monodisperse oil droplets.

直径 3 μm 程度の単分散で安定な油滴が得られた。

以上のように、微細加工により 500 nm 程度のチャンネルを 50 本配置したチップを作製し、単分散な微小ドロップレットを作製できた。今後は、本研究で得られた知見を元にして、流路径をさらに小さくすることや流路配置の修正などにより、さらに小さな液滴が形成できるチップの開発を行う予定である。

4. その他・特記事項 (Others)

本研究のデバイス作製において、技術相談の段階からお世話になりました、早稲田大学 水野潤教授、竹内輝明准教授、由比藤勇准教授、野崎義人研究員、コーディネーター(独)産業技術総合研究所 落合幸徳博士、島本直伸博士、(独)科学技術振興機構 戸田秀夫氏、松井田真澄氏に感謝申し上げます。また実際のデバイス作製において引き続き、竹内輝明准教授、由比藤勇准教授、野崎義人研究員には大変お世話になり、ここに御礼申し上げます。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。