

Transducers'03 における研究開発動向

目次

1. 会議名
 2. 開催日時、場所、開催規模
 3. 発表件数,採択率
 4. 発表の分野別内訳(口頭発表,ポスター発表総計)
 5. 研究機関別発表件数(First Author の所属にて分類)
 6. 発表した日本の企業名(First Author の所属にて分類、いずれも 1 件の発表)
 7. マイクロ化学分野の研究開発動向
 8. その他
-

1. 会議名

Transducers'03

(The 12th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems)

2. 開催日時、場所、開催規模

- (1) 期間：2003 年 6 月 9 日～12 日
- (2) 場所：Boston Marriott Copley Place (米国 ボストン)
- (3) 出席者数：1100 名程度
パラレルセッション方式(4 セッション同時進行)

3. 発表件数,採択率

(1) 発表数

総数：486 件

内訳 plenary：4, invited：12, oral：193, poster：271

(2) 応募数および採択率

応募：960 件 (32ヶ国)

| 地域別割合 | submitted | accepted |
|-------|-----------|----------|
| 欧州： | 26% | 27% |
| アジア： | 36% | 32% |
| 米国： | 38% | 41% |

採択率

| 1995 年 | 1997 年 | 1999 年 | 2001 年 |
|--------|--------|--------|--------|
| 42% | 56% | 53% | 47% |

今回

2003 年
48%

(4) 国別発表件数

No.1 USA：192 件

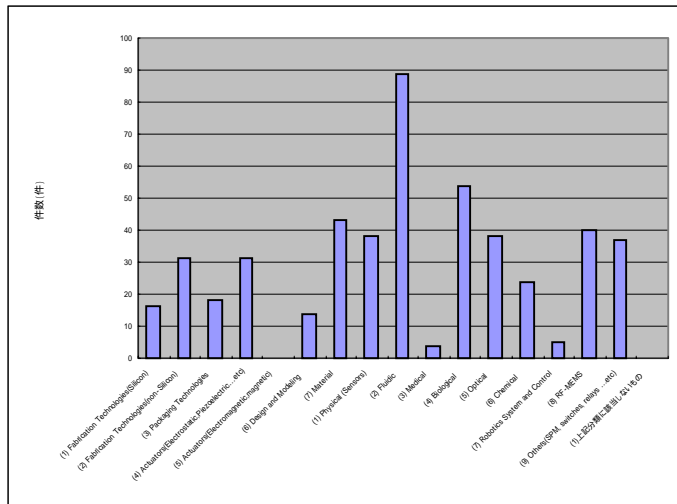
2 日本：89 件

3 ドイツ：32 件

以下、略

(ちなみに、国別人口あたりの発表件数は、スイス：3.42 件/10⁶ 人が断トツ。他は<2 件/10⁶ 人)

4. 発表の分野別内訳(口頭発表,ポスター発表総計)



・ Fluidic の発表が目立った。
 Medical, Biological, Chemical にも
 Fluidic とオーバーラップするものが多
 く、この分野の進展が著しい。

5. 研究機関別発表件数(First Author の所属にて分類)

| 発表件数 | 研究機関(口頭発表件数, ポスター発表件数) |
|------|--|
| 23 | University of Michigan(14, 8) |
| 21 | UC Berkley(11, 10) |
| 19 | University of Tokyo(11, 8) |
| 14 | Tohoku University Tokyo(5, 9) |
| 11 | Stanford University(8, 3), Georgia Institute of Technology(2, 9) |
| 10 | Swiss Federal Institute of Technology(6, 4) |
| 9 | National Tsing Hua University(2, 7) |
| 8 | University of Freiburg (6, 2), Seoul National University (4, 4), ETH Zurich(3, 5) |
| 7 | UCLA(4, 3), California Institute of Technology (3, 4) MIT(2, 5) |
| 6 | University of Neuchatel (5, 1), University of Illinois Urbana-Champaign (4, 2), Toyohashi University of Technology (2, 4), University of Twente (2, 4), Ritsumeikan University(1, 5) |
| 5 | Robert Bosh GmbH (4, 1), Waseda University (4, 1), Cornell University (3, 2), Rockwell Scientific Company (2, 3), Technical University of Denmark (2, 3), Delft University (1, 4), Nagoya University (0, 5) |

6. 発表した日本の企業名(First Author の所属にて分類、いずれも 1 件の発表)

口頭発表： 6 社

Fuji Xerox Co., Ltd., Matsushita Electric Works, Ltd., Mitsubishi Electric Co.,
 NEC Corporation, Omron Corporation, Shimadzu Corporation

ポスター発表： 8 社

Asahi Kasei Corporation, Mitsubishi Belting, Ltd., Namiki Precision Jewellery Co., Ltd.,
 Olympus Optical Co., Ltd., Pentax Corporation, Toyota CRDL Inc.,
 Yamatake Corporation, Yazaki Meter Co., Ltd

7. マイクロ化学分野の研究開発動向

以下に、技術分野別の発表件数と発表番号を示す。

| 技術分野 | 件数 | Proceedings 中の発表番号 |
|--------------------|----|---|
| バルブ | 12 | 1C4.1~1C4.3、2C2.2、2E61.P、3E96.P~3E99.P、4B3.5、4D3.4~4D3.5 |
| ポンプ | 5 | 1C4.4~1C4.5、4B2.1、4D3.1~4D3.2 |
| リアクター、ミキサー | 6 | 2E58.P、2E64.P、2E66.P、2E87.P、4B1.1~4B1.2 |
| 針(吸出し口) | 5 | 3E67.P~3E70.P、3E95.P |
| 流体マニピュレーション(液滴、輸送) | 24 | 1A3.1~1A3.5、2C3.1~2C3.5、2E17.P~2E19.P、2E67.P~2E68.P、2E71.P、2E77.P、2E130.P、3E26.P~3E27.P、4B2.2、4B3.1~4B3.4 |
| 操作(分離、希釈、焼却、熱交換他) | 9 | 2E53.P~2E.55.P、2E57.P、2E59.P~2E60.P、2E62.P~2E63.P、4B2.3~4B2.4 |
| 流体計測(流速、濃度) | 10 | 2D3.1~2D3.5、2E72.P、2E74.P、2E78.P、2E131.P、4D3.3 |
| 化学センサ | 9 | 1C3.1~1C3.4、3C3.3、3C3.5、3E1.P~3E2.P、3E100.P |
| バイオセンサ | 23 | 1A4.1~1A4.5、2E84.P、3E3.P~3E12.P、3E17.P~3E22.P、3E25.P |
| ガスセンサ、ガスセンシング | 22 | 1C3.5、1B4.1~1B4.5、2E29.P~2E36.P、2E75.P、3E43.P~3E45.P、3E47.P~3E50.P |
| ゲノム&DNA | 6 | 2C1.1~2C1.4、2E73.P、3C2.1 |
| バイオデバイス | 4 | 3C3.1~3C3.2、3E24.P、4C1.1 |
| 分析システム | 10 | 2C2.1、2C2.3~2C2.5、4A3.1~4A3.6 |
| 細胞分析システム | 2 | 2E69.P~2E70.P |
| セルソーティング・マニピュレーション | 15 | 2E65.P、3C2.3~3C2.5、3E15.P~3E16.P |
| ドラッグデリバリーシステム | 1 | 2E56.P |
| エネルギー(タービン、燃料電池他) | 4 | 2E76.P、2E79.P、4B1.3~4B1.4 |
| 流体応用デバイス・アプリケーション | 1 | 3E28.P |
| 構成要素製造技術 | 4 | 2E101.P、3D1.3、3E37.P、3E42.P |

流体マニピュレーション、バイオセンサ、ガスセンシングに関わる発表が多い。ガスセンサについては、具体的なデバイスの発表が多かった。

マイクロ化学には、いくつもの単位操作があり、また、それぞれに基礎的な研究からデバイス作製までの発表がある。こうした事情により、発表の件数・種類が多い。今回は、特に、バルブ、ポンプ、リアクター/ミキサーというマイクロ化学システムの構成要素を中心に動向調査したので、以下に報告する。

7-1 バルブ

バルブは、ポンプやリアクター/ミキサーよりも発表件数が多いが、これは、機能が簡単な上、構成要素内のデッドボリュームを小さくすることや ON/OFF 圧力差の改善(あるいはリークの改善)というはっきりとした課題があるからであろう。

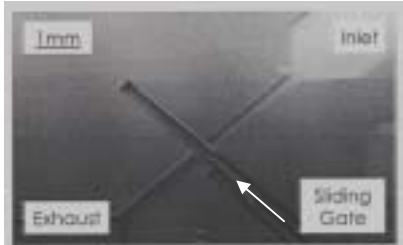
今回注目されるのは、Deep RIE 技術を用いてバルクシリコンが加工された構造を作製し、構造面から課題(前述のデッドボリューム、ON/OFF 圧力差など)解決した発表が多かったことである。以下、例を示す。

U.C.Berkley グループ 講演番号：1C4.2

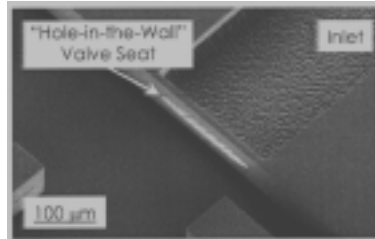
発表題目：LOW-LEAKAGE MICRO GATE VALVES

Deep RIE を用いて”hole-in-the-wall”を形成。この hole とアクチュエーターを用いた弁の開閉により ON/OFF 抵抗比 = 27000 : 1 を達成。

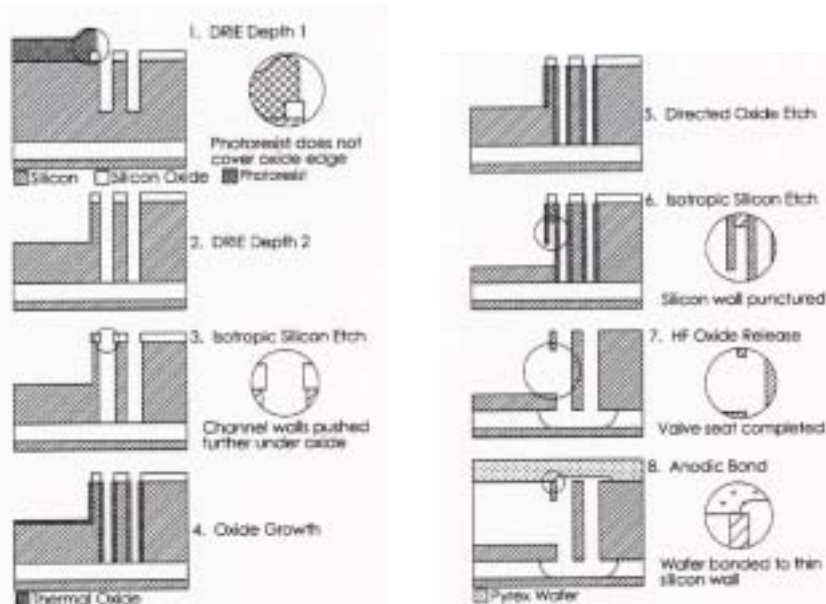
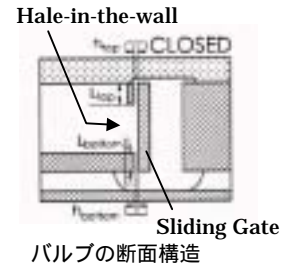
”hole-in-the-wall”の効果を理論と試作・評価とから実証しているが、”hole-in-the-wall”(Si 基板表面に平行に作製した横穴)の作製方法に新鮮さを感じた。



バルブ全景
Sliding Gate を移動させて、弁を開閉する。



Hole-in-the-wall



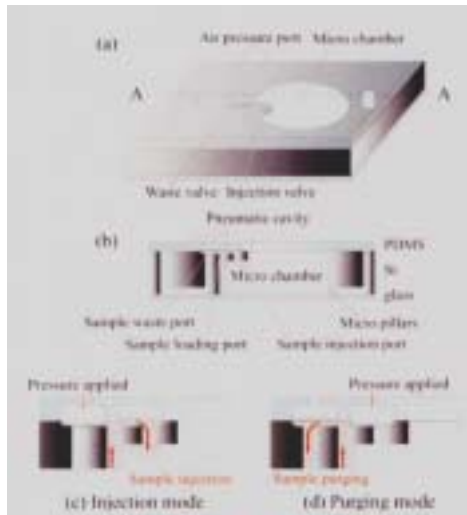
製造プロセス

島津製作所・早稲田大学グループ 講演番号：2C2.2

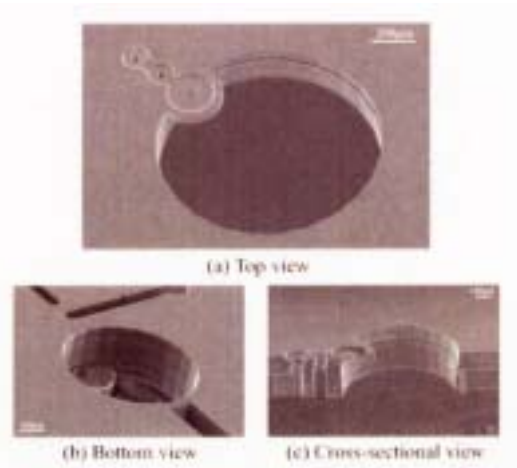
発表題目：INTEGRATED MICRO CHAMBER FOR LIVING CELL ANALYSIS WITH NEGLIGIBLE DEAD VOLUME SAMPLE INJECTOR

チャンバー近傍のチャンネル内のデッドボリュームを小さくするため、チャンネルをチャンバーのすぐ横に基板の深さ方向に作製し、このチャンネルが表面に立ち上がったポイントにニューマチックバルブを形成。デッドボリューム<0.1nl を実現。

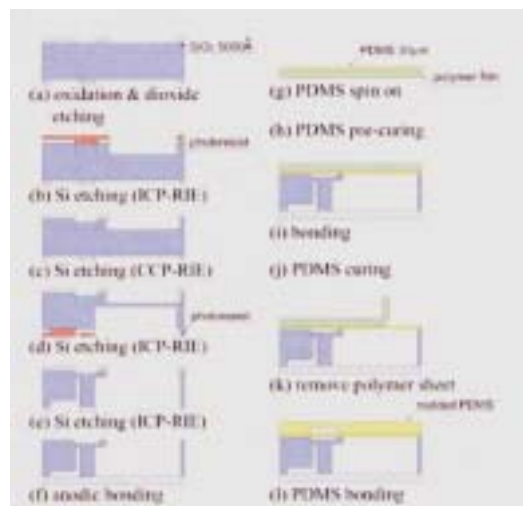
大胆な立体構造と、Deep RIE、polymer film 形成、アノードボンディングの各技術の組み合わせがこの分野で先進的に感じた。



バルブの構造
 (a)全景、(b)A-A'断面図、
 (c)Injection 時の状態を示す図
 (d)Purging 時の状態を示す図



作製したバルブの SEM 写真



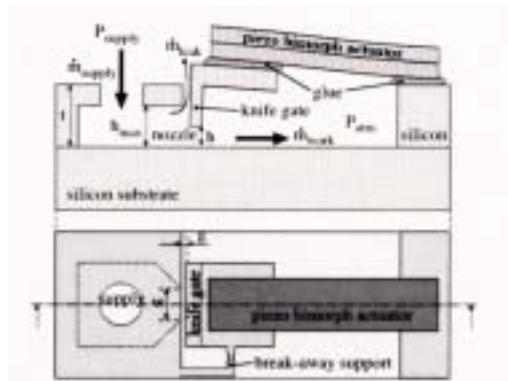
製造プロセス
 Si プロセス(a)-(f)とポリマープロセスおよび
 アッセンブリング(g)-(l)から成る。

スウェーデン王立工科大学 講演番号：4D3.4

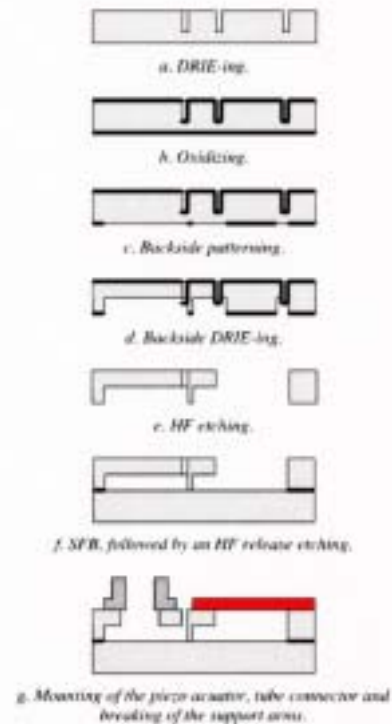
発表題目：A MICROMACHINED KNIFE EDGE VALVE FOR HIGH-FLOW PRESSURE REGULATION APPLICATIONS

Si 基板上にピエゾ型アクチュエーターを形成し、このアクチュエーターと弁を一体化して、アクチュエーター動作により弁を開閉するナイフエッジ型バルブを作製した。1.5bar の圧力下で 1.3nl/min の流量コントロールを達成。

Deep RIE と Si ヒュージョンボンディングがキー技術。Si バルク内で、バルブ開閉を行っている点で、に近い応用が考えられる。



バルブの構造



製造プロセス

7-2 ポンプ

用途に応じて、目的・構成がバラエティに富んだポンプが発表されていた。全5件の発表の内容は以下のとおり

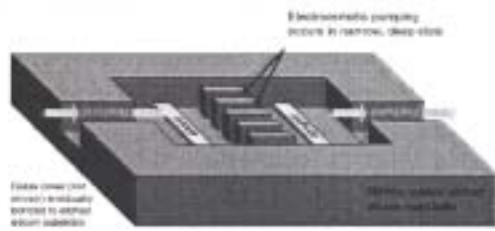
- 1C4.4 デバイス冷却のための液体輸送用の電気浸透ポンプ
- 1C4.5 超低消費電力化のためのキャピラリーフォースによる加圧器
- 4B2.1 電解とぬれ性を利用したごく少量のピペッティング (50nl 吸い取りを実現)
- 4D3.1 Hot チャンバーと Cold チャンバーを交互配置したヌードセン型ガス用ポンプ
- 4D3.2 ファン・アレイを搭載したガス用ポンプ

加工技術自体にはあまり新しさを感じなかったが、それぞれ、実用化への目標レベルをはっきりさせて取り組んでいるように感じた。以下、1例を示す。

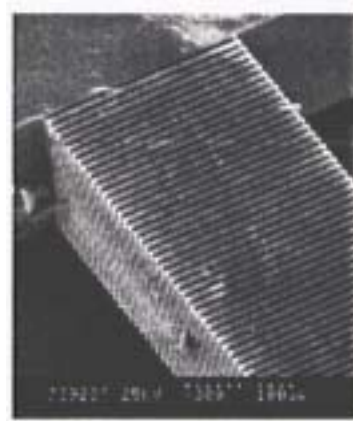
Stanford 大学・インテルグループ 講演番号：1C4.4

発表題目：SILICON ELECTROOSMOTIC MICROPUMPS FOR INTEGRATED CIRCUIT THERMAL MANAGEMENT

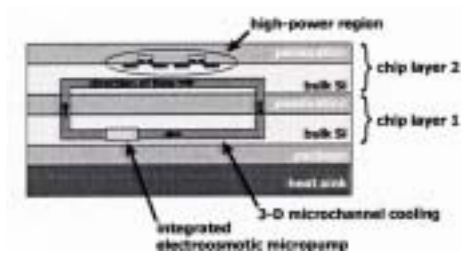
Deep RIE を用いて、多数の狭ピッチで高アスペクトのスロットから成る電気浸透ポンプを Si 基板上に形成した。400V で最大：170 $\mu\text{l}/\text{min}$ 、最大：10kPa の性能を得た。性能として、IC の冷却用途に可能性があることが確認された。



構造電気浸透ポンプの構造



ポンプスロットの構造
ピッチ：2~4 μm



IC の冷却の概念図

7-3 リアクター&ミキサー

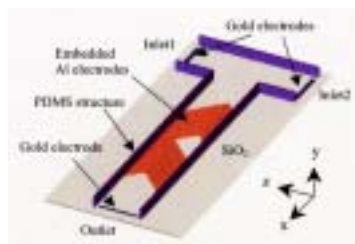
限られたスペース内でより効率的なミキシングを行うために、液体流路数を増やし、液体(試薬)間の接触面積をかせぐ構造が目立った。

デバイスの構成としては、ヘリングボーン電極レイアウトと周期的な電位変化で、高効率ミキシングを行った例と、熱発生機構と吸熱反応リアクターを1チップ化した燃料電池用の水素発生器に興味をもった。

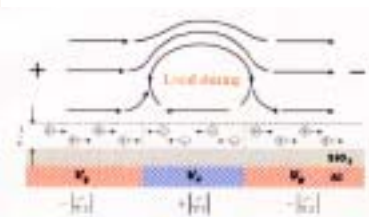
国立 TsingHua 大学 講演番号：2E58.P

発表題目：A NOVEL ELECTROKINETIC MICROMIXER

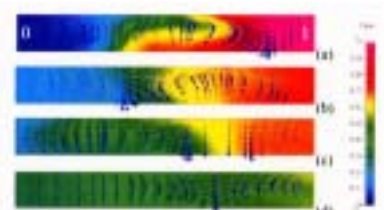
ヘリングボーン電極レイアウトと周期的な電位変化で高効率ミキシングを実現。ミキサー内部に Local stirring を生成させている点が興味深い。シミュレーションによる解析が非常に充実している。



ミキサーの構造



X-Y 方向の流れ方
周期的な電極電位変化により、
Local stirring が発生

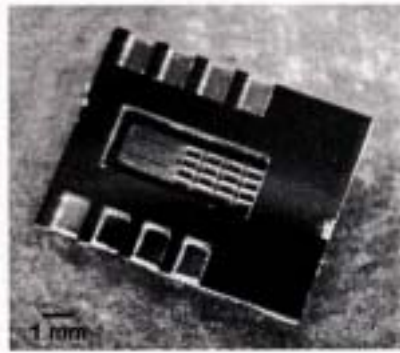


Y-Z 方向の流れ方
(a)、(b)、(c)、(d)と Outlet に向かうにつれ、拡散が進行している様子をシミュレーション

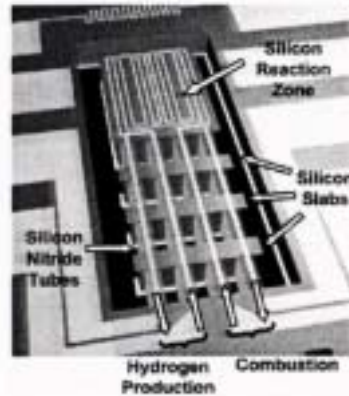
M.I.T 講演番号：4B1.2

発表題目：COMBUSTION-ASSISTED HYDROGEN PRODUCTION IN HIGH-TEMPERATURE CHEMICAL REACTOR/HEAT EXCHANGER FOR PORTABLE CELL APPLICATIONS

熱発生機構と吸熱反応リアクターを1チップ化した燃料電池用の水素発生器。詳細な製造プロセスを紹介していないが、Ta、Ptなどの多層メタライゼーション技術に強いノウハウを持っているように感じた。



全景



構成

以下の燃焼による熱発生と、吸熱による水素生成反応を利用。

発熱反応



吸熱反応



8. その他

マイクロ化学以外の領域では、RF-MEMS や実装技術などに人が集まっていた。全体的に、製品化を意識した目標を定めて取り組んでいることと、Deep RIE、ボンディング技術などを組み合わせた複雑な構造を作製している点が今回の会議の発表の特徴と感じた。