

液中微小液滴の静電搬送を利用したマイクロ化学リアクタ

東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻

谷口友宏 鳥居徹 樋口俊郎

1. はじめに

本稿は、液中に置いたサンプルや試薬の微小液滴を静電搬送により操作し、衝突・合体させ、そこで化学反応を起こさせることを利用したマイクロ化学リアクタの研究について述べたものである。この方法により、サンプル量・コストの低減、反応時間の短縮、ポンプ・バルブなどの要素が不要であるといったメリットが見込まれる。また、液体中で行うことにより、蒸発やコンタミネーションの問題がなくなる。また、数多くの反応を基板上で同時に起こすことが出来るため、コンビナトリアルケミストリ用デバイスとして期待される (Fig.1)。

2. 微小液滴の静電搬送の原理

Fig.2 は微小液滴の静電搬送の原理を6相電極の場合について示したものである。基板上には平行電極列やドット形電極が形成されており、さらに、基板上には絶縁フィルムが貼られている。その上をサンプルの水溶液と不活性な液体 (油など) で満たし、この中にサンプルの微小液滴を置く。そして、基板の電極に電圧パターン (図では6相矩形波: ++0--0) を順次印可してゆくことで、微小液滴を搬送するという原理である。

3. 実験装置

実験では、6相平行電極、9相ドット形電極を用いた。Fig.3に6相平行電極 (ピッチ0.5mm、電極幅0.2mm)、9相ドット形電極 (ピッチ1.0mm、電極幅0.6mm) の写真を示す。平行電極デバイスでは電極と垂直な方向への搬送が可能であり、ドット形電極デバイスでは、順次印可する電圧パターンを制御することで、デバイス上での2次元的な搬送が可能である。また、基板表面には、電極間の放電、液体の電気分解などを防ぐために絶縁テープ (PP、テフロン: 厚さ90 μ m) を貼った。今回の実験での電圧印可条件は電圧400V_{0-p}、周波数 (1Cycle) 1Hz、印可電圧パターンは+++- - -の6相矩形波である。微小液滴はマイクロピペットにより吐出した0.1~1.0 μ Lのものを用いた。

4. 実験結果と考察

まず、フェノールフタレイン溶液の微小液滴とNaOH水溶液の微小液滴とを用いて、フェノールフタレインのアルカリ化呈色反応を起こせることを確認した。さらに、ルシフェラーゼ - ATPの酵素反応についても実験を行った。Fig.4はこの実験の様子を示したものである。ルシフェラーゼを溶解した水溶液の微小液滴と、ルシフェリン、ATPを溶解した水溶液の微小液滴とを6相平行電極デバイス上で操作し、衝突させ合体させた。その合体した液滴において、酵素反応が起こり、発光していることが分かる。これらの結果から、この方法の μ TAS、コンビナトリアルケミストリへの応用の可能性が示された。

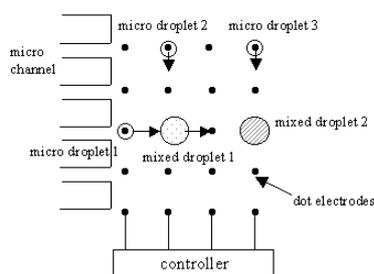


Fig.1 コンビナトリアルケミストリ用デバイスの概念図

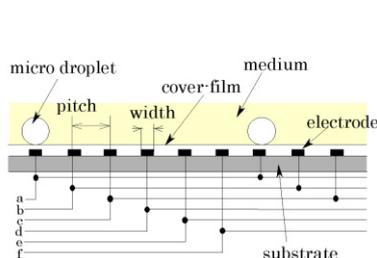
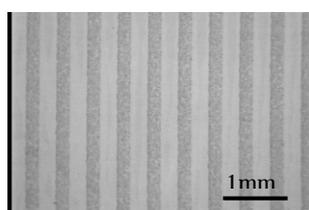
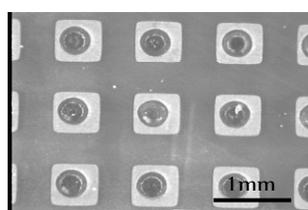


Fig.2 微小液滴の静電搬送の原理

		transportation					
		a	b	c	d	e	f
1 cycle	1	+	+	0	-	-	0
	2	0	+	+	0	-	-
	3	-	0	+	+	0	-
	4	-	-	0	+	+	0
	5	0	-	-	0	+	+
	6	+	0	-	-	0	+
	7	+	+	0	-	-	0



6相平行電極



9相ドット形電極

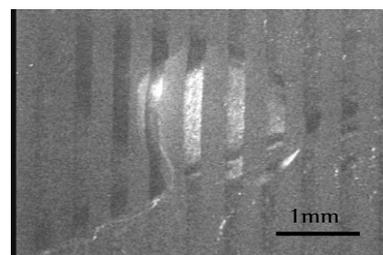


Fig.4 ルシフェリンの発光

Fig.3 電極の拡大写真