

应用笔记

微流控双重乳液滴制备套装



应用领域：细胞培养、食品科学、药物发现、化学合成

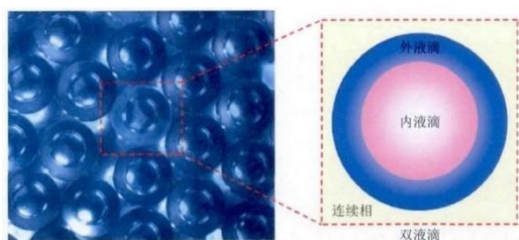
石油工业、纳米颗粒合成、功能材料制备等。

相关产品：微流控压力泵 OB1 MK3+、流量传感器 MFS/BFS

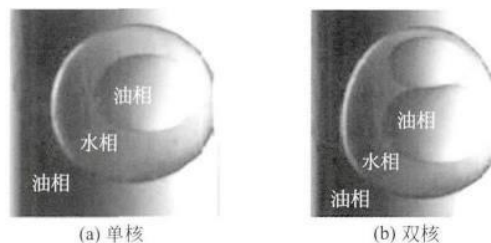
图形操作软件 ESI、同轴流玻璃芯片、注射泵Fusion4000-X

发布日期：2023 年 3 月

乳液（emulsions）是两种或两种以上互不相溶液体的混合物，其中，分散相以液滴的形式分布于连续相中[1]。双乳液（double emulsion）则是一种分散相液滴中包裹着更小液滴的高度结构化流体，外液滴在内液滴的周围形成了一层屏蔽层，有效地隔离了内液滴与连续相，如下图所示[2]。



双乳液又被称为乳液中的乳液或包裹性液滴，常见的类型主要分为 W/O/W 型和 O/W/O 型。以下图的 O/W/O 型为例[3]，内部分散相和外部分散相为油相，中间相为水相，这种结构统称为油包水包油型双重乳液。



双乳液滴的主要优势：

- (1) 双乳液滴内部可以进行多种生物、化学反应，所需样品试剂量少、消耗低；
- (2) 在一定的工作条件下，双乳液滴的尺寸、数量可控，且可定量地分析内部的反应

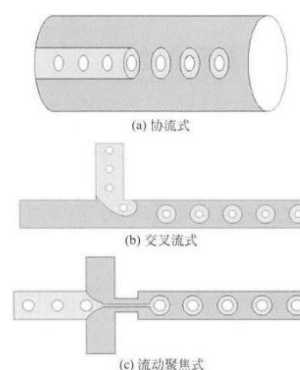
条件和结果：

(3) 双乳液滴作为一个封闭的反应体系，避免了反应物浓度的改变以及不同反应之间的交叉污染；

(4) 微乳液的尺寸小，比表面积较大，传质、传热效率高。

凭借这些特定的优势，双乳液滴广泛地应用于化妆品、药物生产、细胞医学、食品科学、石油工业、化学合成、环境监测等领域。

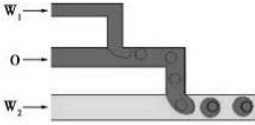
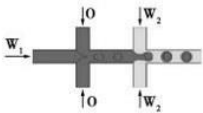
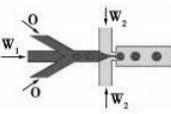
目前，双乳液滴的制备有传统的化学乳液合成法和微流控制备方法，微流控制备双乳液滴从液滴成型方式上可以分为主动式和被动式。主动式需要使用磁力、激光等外界动力进行乳化，对设备和成本要求较高。被动式可以通过微通道的结构设计和多相流的流速控制来控制流场，从而使两相流在界面张力、黏性力以及惯性力等综合作用下完成乳化。被动式制备双乳液的工艺主要有协流式（同轴流）、交叉流式以及流动聚焦式，如下图所示[3]。



其中，协流式或同轴流方法主要是由多个共轴的微通道组成，其中，连续相包裹分散相呈同轴流动，相界面在R-P不稳定性的作用下产生波动，进而破裂形成液滴。当同轴流芯片的各个通道在同一个轴线上时，双乳液滴的尺寸均匀性和生成频率才能达到最优。当前，同轴流芯片主要采用玻璃毛细管进行搭建。交叉流式主要是基于T形结构的微通道，其中，内流体以一定的角度进入外流体，在外流体的剪切力作用下将产生动量失稳，破碎成小液滴，连续的两个T形通道就能实

现双重乳液的制备。流动聚焦式主要是十字型结构的芯片，主要是利用了毛细不稳定性来乳化液滴。如上图c中所示，由伯努利方程可知在窄缩口处流体流速会急剧增大，导致外相流对内相流对称的剪切力作用的增大，流体在窄缩口的挤压下产生聚焦效果完成乳化。

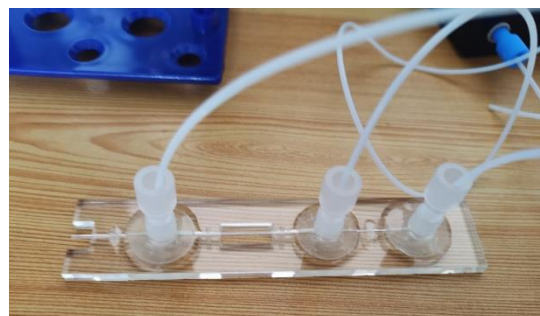
下图显示了交叉节点和流动聚焦方式制备双乳液滴的特点[4]。

包裹方法	装置示意图	液滴尺寸/ μm	尺寸分散系数/%	优/缺点
交叉节点				
双T型结构(a)		<920.7	2.6~19.0	结构简单,可组装性优良,壁面润湿性影响大
双十字型结构(b)				
聚焦流				
交叉聚焦(c)		150~470	<7.5	制作简便、精度高,壁面润湿性有一定影响,经济性差
共聚焦(d)		20~470	<5.0	控制灵活,无润湿性影响,精度要求高

鉴于微流控双乳液滴应用的广泛性和重要性，同时为了让更多的老师将大部分的时间集中在科学研究实验而不是芯片加工上，我们利用硼硅酸盐玻璃毛细管结合标准微流体接头开发了同轴流双乳液滴玻璃芯片，实物图如下图所示。



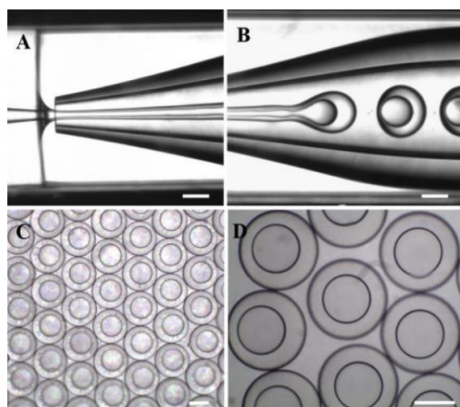
最内相锥形玻璃毛细管直径约55微米，外相锥形玻璃毛细管直径约155位。采用标准的1/4-28UNF螺纹倒锥接头连接，可以直接把外径1/16英寸=1.58mm的PTFE导管、FEP导管或PEEK导管连接到该玻璃芯片上。连接实物图如下图所示。



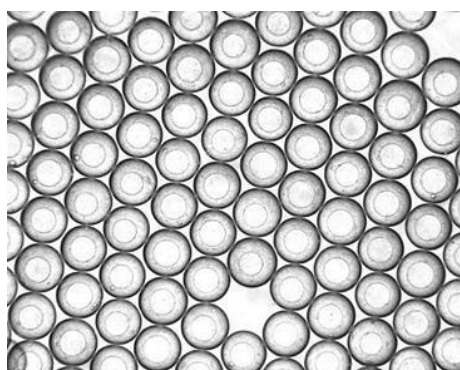
在普通光学显微镜下，观察双乳液滴

玻璃芯片内部的对冲结构及双乳液滴形成过程，如下图中的A和B所示。

利用该同轴双乳液液滴玻璃芯片制备的双乳液液滴如下图中的 C 和 D 所示，其中 B 显示了双乳液滴的产生过程。



从上图中可以看到，所制备的双乳液液滴粒径均匀，且双乳液液滴没有破裂。对上图中的C中的双乳液滴单独放大观察，如下图所示。



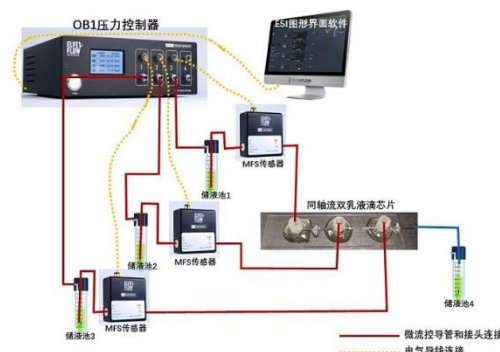
利用该同轴玻璃芯片产生的双乳液液滴芯片粒径尺寸均匀，无破裂和融合现象。

经过内部测试，该同轴玻璃双乳液液滴芯片可以稳定、快速的产生50-200微米粒径均匀的双乳液滴

同轴流双乳液液滴玻璃芯片采用高精确的对准方法将微细玻璃毛细管的中心线处在同一个轴线上。三相流体的入口采用倒锥形接头连接，确保最小的死体积和无漏液现象发生。该芯片由于采用玻璃毛细管加工，您可以把芯

片放置在常规光学显微镜下观察乳液液滴的产生过程。

双重乳液滴制备的实验连接图



首先，将 OB1 压力控制器、储液池、液体 流量传感器、同轴流双乳液滴芯片和电脑等 按照上图所示连接在一起。其次，将实验用的液体放置在储液池 1-3内。最后，在电脑上的 ESI 图形界面软件上设置 OB1 压力控制器输出的压力或液体的流量， 同时在光学显微镜下观察同轴流玻璃芯片内的流体变化，然后慢慢调节压力或液体流量，直到双乳液滴的产生。



图形化智能界面操作软件ESI

微流控双重乳液滴制备套装的优势

- 开箱即用，包含所有组件；
- 快速、稳定且无脉冲的气体压力驱动微流体流动
- 闭环反馈控制模块实现恒定液体的无脉冲流动
- 图形化智能界面操作软件ESI，在同一个界面上直接设置压力或流量数值，同时监测实时输出压力值和液体流量值；
- 多种流动波形如恒定、正弦、方波、三角波等波形的压力驱动流

体和流量波形流动

- 多个嵌套循环模块的自动化运行功能
- 提供 LabVIEW、Python、MATLAB、C 的 SDK 开发包，支持将其集成到您现有的系统中；
- **多用途：**通过更换不同规格的芯片，该套装适用于制备单重微乳液滴 W/O 和 O/W，PLGA 微球，PVA 微球，水凝胶微球，细胞的液滴包裹，纳米脂质体颗粒制备，类器官和细胞培养等。

微流控双乳液滴制备**基础套装**包含的组件：

- 1) 三通道微流体压力真空控制器 OB1 MK3+，量程范围从 0 到 2bar；
- 2) 微流体数字流量传感器 MFS（两个 MFS3 和一个 MFS4）
- 3) 一个同轴双乳液滴玻璃芯片
- 4) 15mL 样品储液池 Tank15 四个，1.5mL 样品储液池 Tank1.5 四个；
- 5) 微流控毛细导管 PTFE（外径 1/16 英寸=1.58mm，内径 1/32 英寸=0.79mm），长度 20 米；
- 6) 配套的鲁尔接头、倒锥接头、导管切割机、气动快插头等一套
- 7) 同轴锥型毛细管双乳化液滴芯片 WOW 三个
- 8) 图形界面操作软件 ESI，免费升级，可随时下载；
- 9) 套装应用相关的资料免费提供，可随时查看
- 10) 赠送一个流动聚焦型 PDMS 液滴芯片，可稳定产生 40 到 150 μ m 的油包水乳液滴，包含 20mL 的 Surf-DG7500 液滴生成油一瓶。

微流控双乳液滴制备**高级套装**包含的组件：

- 1) 三通道微流体压力真空控制器 OB1 MK3+，量程范围从 0 到

2bar；

- 2) 两个微流体数字流量传感器 MFS3 和一个微流体质量流量计 BFS1+
- 3) 一个同轴双乳液滴玻璃芯片
- 4) 15mL 样品储液池 Tank15 四个，1.5mL 样品储液池 Tank1.5 四个；
- 5) 微流控毛细导管 PTFE（外径 1/16 英寸=1.58mm，内径 1/32 英寸=0.79mm），长度 20 米；
- 6) 配套的鲁尔接头、倒锥接头、导管切割机、气动快插头等一套
- 7) 可拆卸同轴锥型毛细管双乳化液滴芯片一套（包含 5 套=10 根锥型玻璃毛细管和连接接头）
- 8) 图形界面操作软件 ESI，免费升级，可随时下载；
- 9) 套装应用相关的资料免费提供，可随时查看
- 10) 赠送一个流动聚焦型 PDMS 液滴芯片，可稳定产生 40 到 150 μ m 的油包水乳液滴，包含 20mL 的 Surf-DG7500 液滴生成油一瓶。



结论

凭借该双乳液液滴产生套装，您可以在较短的时间内快速、稳定的制备出您所需要的双乳液滴，快速的得到实验数据，加快您的实验研究。

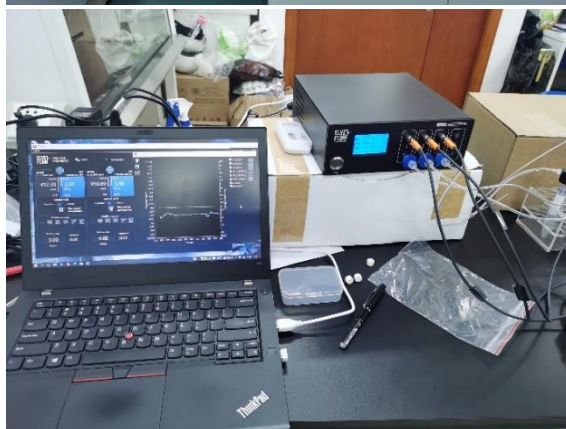
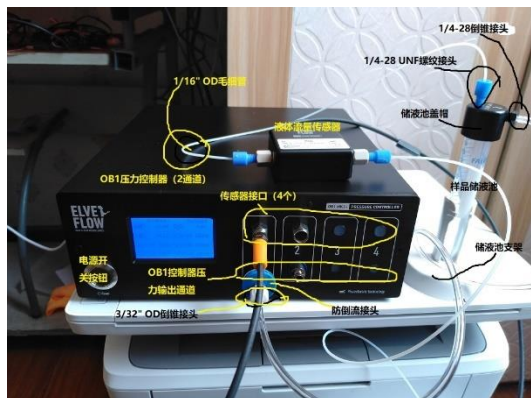
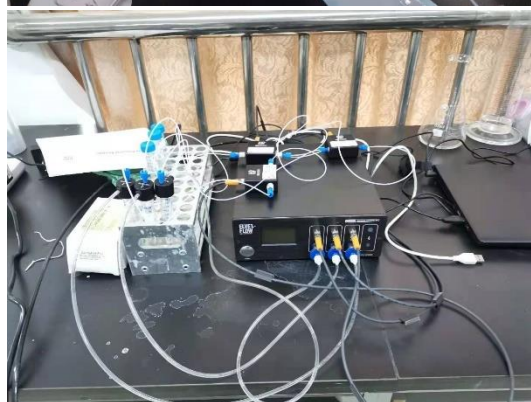
参考文献

- [1] Sebba F. Foams and Biliquid Foams-Aphrons, John Wiley & Sons, Chichester, 1987.
- [2] Y. J. Zhao, Z. Y. Xie, Z. Z. Gu, et al., Multifunctional photonic crystal barcodes from microfluidics, NPG Asia Materials, 2012, 4: ep25.
- [3] K. Wang, H. Li, X. D. Liu, et al,

Progress in microfluidic method for double emulsion preparation, Chemical Industry and Engineering Progress, 2016, 35: 24-31.

[4] D. T. Chong, X. S. Liu, H. J. Ma, et al., Advances in fabricating double-emulsion droplets and their biomedical applications, Microfluidics and Nanofluidics, 2015, 19: 1071-1090.

实验室内仪器设备实物一览



天津市南开区万兴街长江道133号众望大厦C座502

加速科学发现 (Boost scientific discovery)

笔记记录和备注: