

2019年招生计划		
三、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介		
1. 博士论文研究方向： 感应电荷动电纳米流体驱动与带电分子操控		
选题类别： <input checked="" type="checkbox"/> 基础性研究 <input type="checkbox"/> 应用性研究 <input type="checkbox"/> 工程技术攻关研究 <input type="checkbox"/> 新开辟的研究方向 <input type="checkbox"/> 已有研究方向的继续 <input type="checkbox"/> 其他		
2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介		
<p>纳米流道内对流体进行驱动及对分子样本进行预处理相对于微米尺度可大大减少试剂消耗与电能量损耗。</p> <p>1. 基于时空非对称浓度极化的纳米流道交流电渗</p> <p>纳米流道内的电渗流体驱动往往需求外部DC电压差以实现单向的流体泵送，这会导致外部铂探针电极表面较强的电化学反应和气泡生成，对流体驱动产生潜在的不利影响。本课题首先提出一种利用AC电场实现纳米通道内流体驱动的新思路。利用纳米锥形出口诱时空非对称浓度极化；在AC正半周期，由于纳米锥附近过剩的阳离子迅速电迁移到邻近微流道中，导致钠流道内离子耗尽，电场增强，Debye长度延伸，因而正向电渗流得到极大的加强。在AC负半周期，由于纳米锥周围的反离子反向输运到纳米流道内部，导致离子富集，反向电渗流被明显削弱。因此，利用低频AC电场，就在纳流道内部产生了净的正向电渗流，且电渗流速远大于传统电渗流动，同时避免了探针电极表面的电极极化。AC周期的上限取决于浓度极化形成所需的弛豫时间，其正比于流道尺寸，因此对于纳米流道ICP弛豫时间很短在毫秒级别；能够产生有效纳米流体单向泵送的AC频率上限可能在50KHz附近，具体值与溶液物化属性等参数也息息相关。</p> <p>2. 基于感应电荷动电学的纳米流道中诱导电荷电渗和离子选择性</p> <p>传统的绝缘带电纳米流道一经加工，其离子选择性就被确定了（如带负电的纳米流道对阳离子具有选择性输运，而几乎禁止阴离子的轴线迁移）。本课题提出一种利用导电纳米流道实现通道内部的离子选择性输运的灵活调控，及加强流道单向的电渗流动的新方法。加工高度在纳米尺度的导电通道结构，流道顶部和底部均为ITO导电薄膜，两侧水槽中各插一个铂探针，这样就形成了具有2个栅电极的三电极配置。同时给顶部和底部导电壁面施加正偏置或者负偏置的直流电压，就可以实验对阴离子或阳离子的选择性输运；同时由于诱导双电层电荷分布的对称性被打破，可以实现单向的ICEO流体输运，且流率远大于起因于固有双电层的传统线性电渗。因此，场效应感应电荷动电学为纳米流道流体驱动和电荷选择性输运提供了全新的思路。</p> <p>3. 分子样本带浓度分布的控制：传统的固有双电层内电荷极性固定，因而双电层内的强电场方向无法人为调控。如，带负电的PDMS流道壁面其双电层内部法向电场指向通道壁面自身，因此只能用于压缩带负电的随着轴向电泳和电渗流朝下游输运的样本带，而带整电的分子样本倾向于吸引到流道壁面，导致流道中线上缺乏其浓度。</p> <p>本博士论文课题拟将导电流道壁面引入纳米流道分案子样本带浓度分布的灵活调控，使得后续任何的样本分析变得更加容易。通过对导电的栅电极施加正极性或负极性的DC电压，在纳米流道内部引入相对比传统固有双电层更加主宰的诱导双电层。诱导双电层内的反离子电荷和法向电场定向可通过场效应流动控制灵活调控，为纳米尺度痕量分子浓度的检测提供了一种新的思路</p> <p>4. 带电分子在流道内的浓缩及浓度梯度分布控制</p> <p>通过在流道顶部沉积相反电荷极性的栅电极阵列，在外加轴向电场作用下可在流道内部的栅电极间隙附近实现电解液载流子的耗尽。根据电流连续性条件，离子耗尽区电场提高10^3–10^5倍，会打破带电分子电泳迁移和纳米流道内部电渗流之间的平衡，导致样本在耗尽区周围的富集浓缩。研究不同栅电压，溶液电导率，轴向电场，纳米流道尺寸对耗尽区分子富集轮廓的影响。最后，将纳米流道和邻近的微流道进行耦合，利用纳米流道阳极界面诱导空间电荷层极化产生的第二类电渗流动实现带电宏分子的高倍率富集和压力辅助的浓缩塞位置调控，及利用数字微流体系统将浓缩物包裹入双乳胶液滴以进行后续化学反应的研究。</p>		
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况		
国家自然科学基金面上项目		

2019年招生计划

三、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1. 博士论文研究方向： 场效应纳米流体离子电流控制

选题类别： ☒ 基础性研究 ☐ 应用性研究 ☐ 工程技术攻关研究
☐ 新开辟的研究方向 ☐ 已有研究方向的继续 ☐ 其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

由于纳米尺度下（单个维度达到1-100nm）双电层延伸效应，双电层在合适的媒介电导率下发生重叠。相比于对流动的控制，纳米尺度更有利于对离子电荷浓度的分布实现灵活的调控。在经典的纳米流体动电学中，绝缘带电通道壁面（如PDMS）的固有面电荷（往往为负电荷）吸引反离子形成的界面扩散屏蔽云会受到溶液PH值等约束，一旦实验条件确定，双电层内自由体电荷量和极性就难以再发生改变，因此无法实现系统电流的灵活控制。

该博士论文课题拟模拟半导体工业中的晶体管配置，将场效应控制的概念引入纳米流体电动学中。在纳米流道（高度为纳米，但宽度为微米）顶部的不同部位沉积多个栅电极，并通过对栅电极施加不同极性的直流电压，灵活调控流道内对应区域的反离子电荷密度和极性。在一个外加轴向电场的作用下，可诱导内部浓度极化形成偶极离子二极管，离子晶体管，离子放大器等液相集成电路的功能，为芯片实验室下一代智能离子电流整流提供全新的思路。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金面上项目，“机器人基础理论与关键技术”创新群体项目