

浅谈微流控中电学测试的应用

——泰克设备在微流控研究课题中的应用场景

背景概述

微流控 (Microfluidics) 是一种使用微管道 (尺寸为数十到数百微米) 处理或操控微小流体 (体积为纳升到阿升) 的系统所涉及的科学和技术。它是一门涉及化学、流体物理、微电子、新材料、生物学和生物医学工程的新兴交叉学科。微流控装置具有微型化、集成化等特征, 因此通常被称为微流控芯片, 也被称为实验室芯片 (Lab on a Chip) 和微全分析系统 (micro-Total Analytical System)。

微流控技术通过在微米尺度的芯片上集成样品制备、反应、分离、检测等基本操作单元, 实现了化学和生物实验室的多种功能。这种技术在很小的体积内快速完成多种工作任务, 与相应的宏观分析方法相比, 微流控芯片在样品和试剂消耗、反应速度、高通量处理等方面具有显著优势。

微流控芯片是微流控的主要工具, 它是将微管道、阀门、泵、传感器等组件集成在一个微米尺度的平台上, 可以完成各种液体操作和功能。

流控技术与电学密切相关, 可以利用电信号进行微流体的检测、驱动和操控, 也可以利用电场进行分子的分离和纯化。

微流控技术在电学相关领域的应用主要包括以下多个方面或场景:

微流控传感器和生物芯片——微流控传感器是一种利用电信号检测或控制微流体的装置, 可以实现温度、压力、pH、电导率、离子浓度等参数的测量和调节。生物芯片是一种利用微流动系统将生物分子固定在芯片上, 然后通过电学、光学、磁学等手段进行检测或操作的平台, 可以实现基因表达、蛋白质相互作用、药物筛选、细胞分选等功能。

- **微流控电泳和毛细管电泳**。电泳是一种利用电场使带电的分子在液体中迁移的技术, 可以实现分子的分离和纯化。微流控电泳是一种将电泳装置集成在微流控芯片上的技术, 可以大大提高电泳效率、灵敏度和重复性, 同时减少样品和试剂的消耗, 实现多种分析功能的一体化, 例如 DNA 指纹图谱、单核苷酸多态性 (SNP) 分析、限制性片段长度多态性 (RFLP) 分析、核酸扩增 (PCR) 分析等。毛细管电泳是一种利用毛细管作为电泳通道的技术, 可以实现高分辨率和高速度的分离。

- **微流控电化学和微流控电致化学**。微流控电化学是一种利用微流控芯片上的电极进行电化学反应或测量的技术, 可以实现电化学合成、电化学分析、电化学传感等功能。微流控电致化学是一种利用电场对微流体进行诱导或控制的技术, 可以实现微流体的混合、分离、聚集、分散、对齐等功能。

- **微流控电磁场和微流控电光学**。微流控电磁场是一种利用微流控芯片上的电磁线圈产生电磁场的技术, 可以实现磁性分子或颗粒的操纵、分离、浓缩、测量等功能。微流控电光学是一种利用微流控芯片上的电极产生电场来调节光信号的技术, 可以实现光的偏振、折射、衍射、反射、传输等功能。

泰克设备在微流控研究课题中的使用场景

在微流控的研究中,除了需要对微流控的结构进行精准分析使用到一些诸如放大镜,流量计,纳米泵一类的实验设备,泰克的高精度电学测试设备也会进一步帮助我们实现微流控方向的研究。

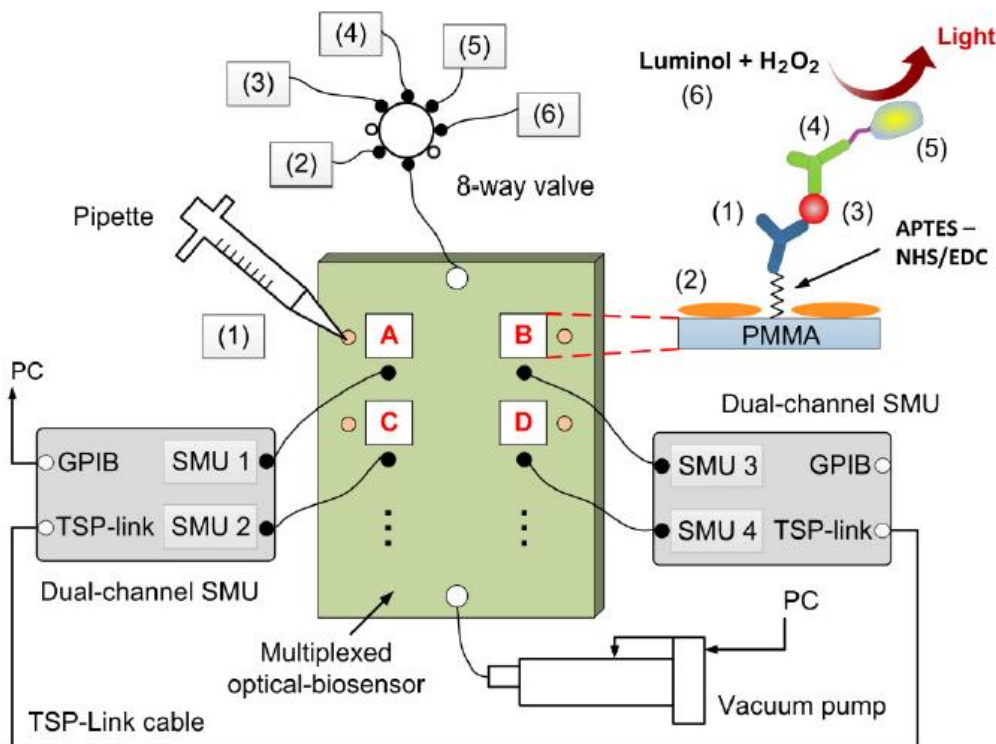
微流控技术涉及在微米尺度的通道中控制体积为皮升至阿升的流体进行流动并传质、传热,这种技术因其高通量、微型化、自动化、集成化以及便携化的特点,在化学、医学以及生物研究有着广泛的应用。在微流控技术的实验中,样品的消耗量很少,这不仅节约了能源,还提高了反应速度。然而,这种技术的实施需要精确的电压和电流测量与控制,以确保实验的准确性和可靠性。

而源表因其能够提供精确的电压和电流测量与控制功能,非常适合用于微流控技术的相关测试中,确保实验数据的准确性和可靠性,从而推动微流控技术在科学研究中的应用和发展。

场景一:

集成光电二极管的微流控生物传感器阵列用于病原体的快速多路检测

这里我们使用 Keithley 的 26XXB 系列源表进行 OPD 像素性能的表征



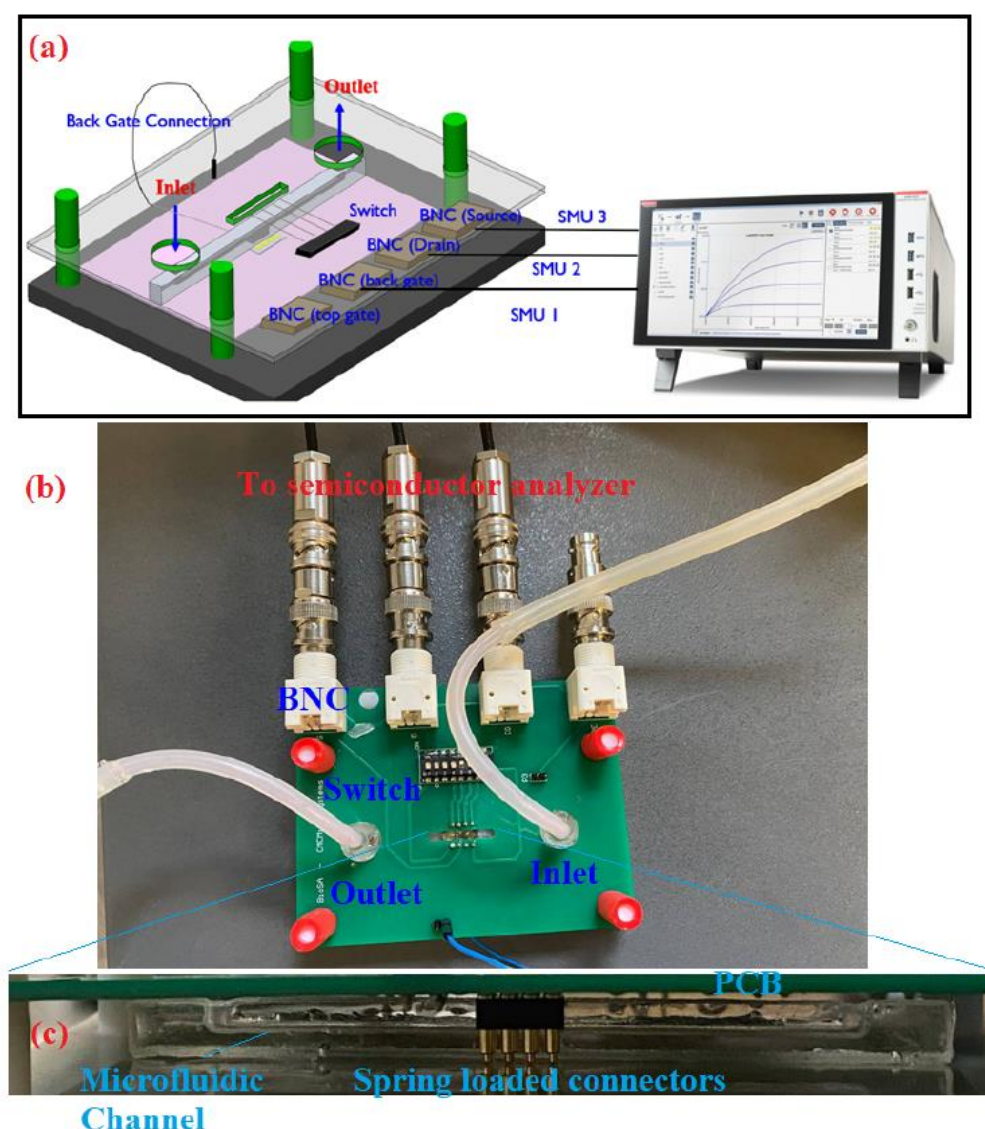
1. 用于分析 PCDTBT:PC₇₀BM 像素的电流-电压(J-V)特性,并测量其响应度。
2. 与两个嵌入式测试脚本处理器(TSP)连接,以确保对四个有机光电探测器的并行测量。
3. 通过 GPIB 接口将获得的数据传输到 PC 端。

Keithley 的源表为该集成光生物传感器平台提供了灵敏的电学测量能力,对化学发光信号的并行检测。

应用出处: doi:10.3390/s131215898

场景二:

新型的混合微流控电子传感平台，将开放栅结型场效应晶体管(OG-JFET)传感器与微流控结构集成，用于生命科学应用。



使用吉时利 4200A-SCS 参数分析仪对 OG-JFET 传感器进行了特性测试。具体包括：

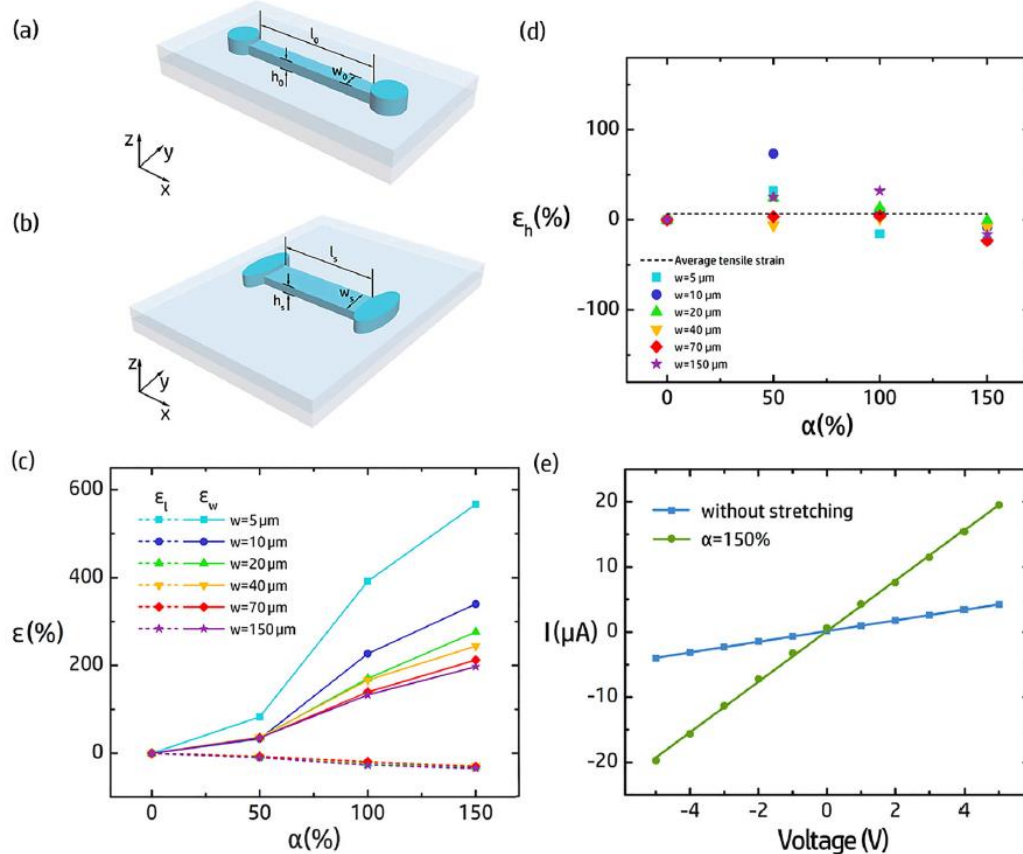
1. 在反向偏置模式下,对背栅施加从 0 到 1 V 的正电压,同时对漏-源电压进行从 0 到 5 V 的扫描,以测试传感器的特性。
2. 使用注射器将不同浓度的溶液(如去离子水和 0.9% 氯化钠溶液)注入到集成的微流控芯片中,观察传感器对溶液离子浓度变化的响应。
3. 使用不同 pH 值的溶液,通过背栅电压的调节来控制传感器的灵敏度,验证传感器对表面电荷变化的响应能力。

利用吉时利的测试设备对集成了 OG-JFET 传感器和微流控结构的混合传感平台进行了全面的特性测试和功能验证。

应用出处: <https://doi.org/10.3390/mi13030425>

场景三：

高度灵活的弹性体微流控芯片的开发，通过在微流控芯片上对单个细胞进行捕获和释放,可以更好地观察和分析单个细胞的生理化学特性,如细胞形态、细胞活性、细胞响应等。



使用 Keithley 2410 设备测量了微流道中电解质溶液的电流-电压(I-V)曲线,从而计算出微流道高度的变化。具体步骤如下:



1. 将微流道填充有 0.1M KCl 电解质溶液,并连接两个 AgCl 电极。
2. 使用 Keithley 2410 仪器测量微流道中电解质溶液的 I-V 曲线。
3. 根据公式 $R = \frac{l}{\kappa w h}$ 计算出微流道高度 h 的变化, 其中 R 为电阻, l 为长度, w 为宽度, κ 为溶液导电率。

通过这种方法,研究人员发现在拉伸芯片时, 微流道高度基本保持不变, 这有利于单细胞操作而不会挤压或粘附细胞。

应用出处: <https://doi.org/10.1063/5.0086717>

小结——Keithley 设备测试优势

Keithley 源表具有高精度、高分辨率和高速度的特点，可以对微流控芯片进行全面的电学测试，包括电阻、电容、电流、压力等参数。与传统的多仪器方案相比，Keithley 源表不仅节省了空间和成本，而且提高了测试效率和可靠性。此外，Keithley 源表还支持多种软件平台，可以方便地搭建自动化测试系统，实现数据采集、分析和处理。