

# 基于FET结构的 生物传感器的测试

[ 讲师介绍 ]

**王瑞恒**

泰克高级应用工程师  
半导体测试专家

直播时间

▶▶▶ 9月3日 (周五) 14:30-16:00

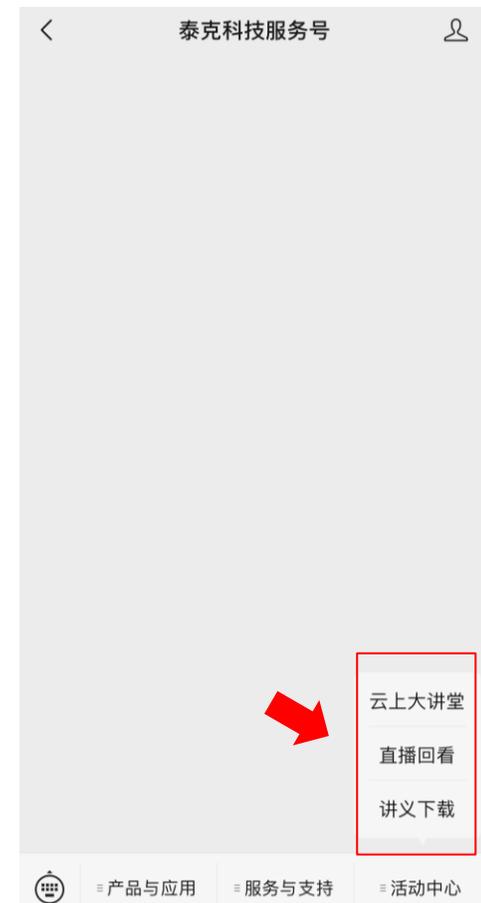


资深工程师在线“营业”，  
与您分享热门主题，共话前沿知识，  
每月两期，与您相约泰克直播间！

主题	时间
泰克和新能源直播的那些事儿	3.5
纳米发电机测试难点及解决方法	3.19
更高速率，更高密度，400G PAM4正出发	4.2
5G CPE芯片及模块应用测试	4.23
最新USB4规范解析及一致性测试	4.28
宽禁带半导体器件静态测试规范解读	4.30
新型计算框架及忆阻器、神经网络测试	5.14
汽车雷达模块应用与测试挑战	5.28
AI加速卡高速接口测试	7.2
光通信眼图精讲	7.23
<b>基于FET结构的生物传感器的测试</b>	9.3
材料科学电学性能研究中几种特殊应用案例分享	9.17



关注“泰克科技”服务号



# 目录

- 常规生物检测方法
- MOSFET结构及原理
- MOSFET生物传感测试原理
- 测试参数及测试方法

# 生物检测方法



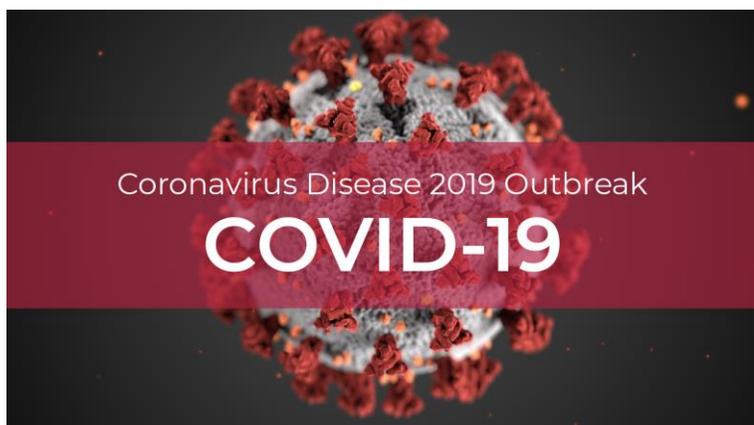
# 常规生物检测方法

常用的生物检测方法

## 病毒与人类共存



- SARS非典疫情
- 埃博拉
- 新冠病毒COVID-19



# 常规生物检测方法

常用的生物检测方法

## • 逆转录PCR技术

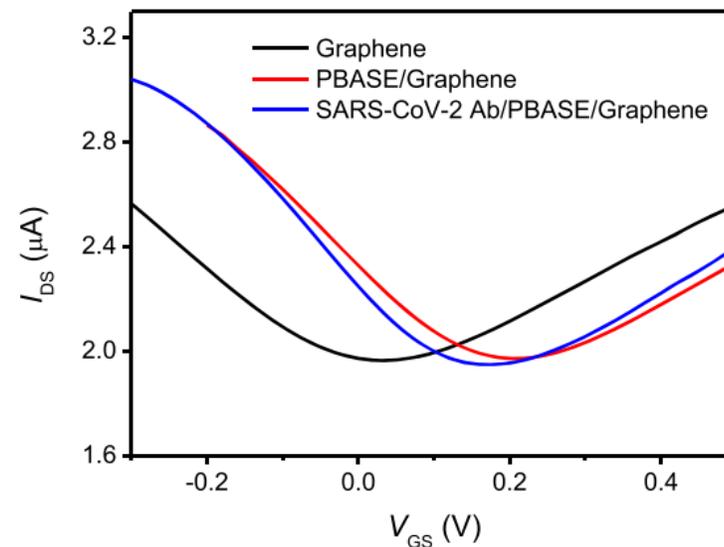
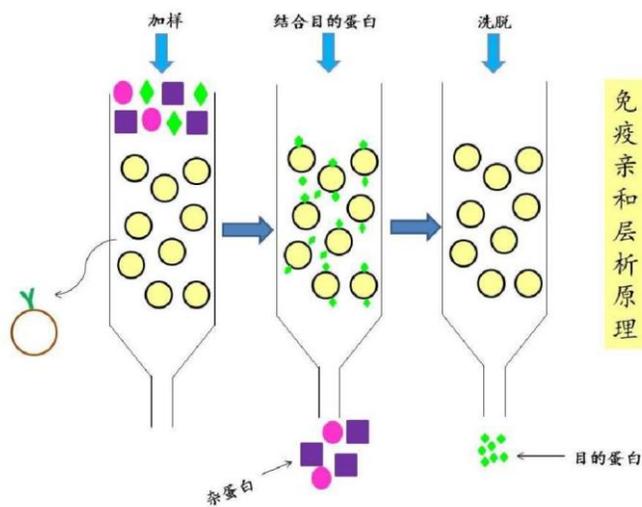
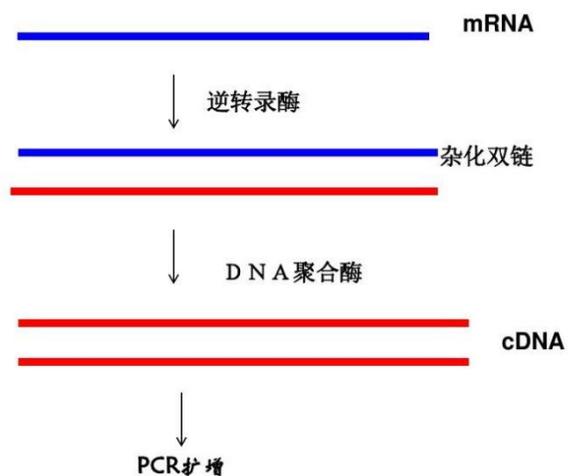
一条RNA链被逆转录成为互补DNA，再以此为模板通过PCR进行DNA扩增

## • 免疫色谱技术

病毒与抗原的特异性结合，结合后进行色谱检测分析

## • 病毒反应的电学特性 快速、灵敏

病毒与抗原的特异性结合导致的电学特性改变



# 常规生物检测方法

常用的生物检测方法

行业资讯:

(1) 韩国生命信息研究院

## Rapid Detection of COVID-19 Causative Virus (SARS-CoV-2) in Human Nasopharyngeal Swab Specimens Using Field-Effect Transistor-Based Biosensor

Giwan Seo, Geonhee Lee, Mi Jeong Kim, Seung-Hwa Baek, Minsuk Choi, Keun Bon Ku, Chang-Seop Lee, Sangmi Jun, Daeui Park, Hong Gi Kim, Seong-Jun Kim, Jeong-O Lee, Bum Tae Kim, Edmond Changkyun Park,\* and Seung Il Kim\*

## 论文：石墨烯基的FET结构检测器件可检测COVID-19

(2) 中科院上海微系统与信息技术研究所

## 专利：基于sSOI MOSFET的生物传感器及其制备方法

(3) 无锡市人民医院

## 专利：一种基于MOS管的双栅极调控超高灵敏度生物传感器

(4) 湖北中医药大学

## Nonlinear electrical impedance spectroscopy of viruses using very high electric fields created by nanogap electrodes

Ryuji Hatsuki<sup>1</sup>, Ayae Honda<sup>2</sup>, Masayuki Kajitani<sup>3</sup> and Takatoki Yamamoto<sup>1\*</sup>

Detection of heart failure-related biomarker in whole blood with graphene field effect transistor biosensor

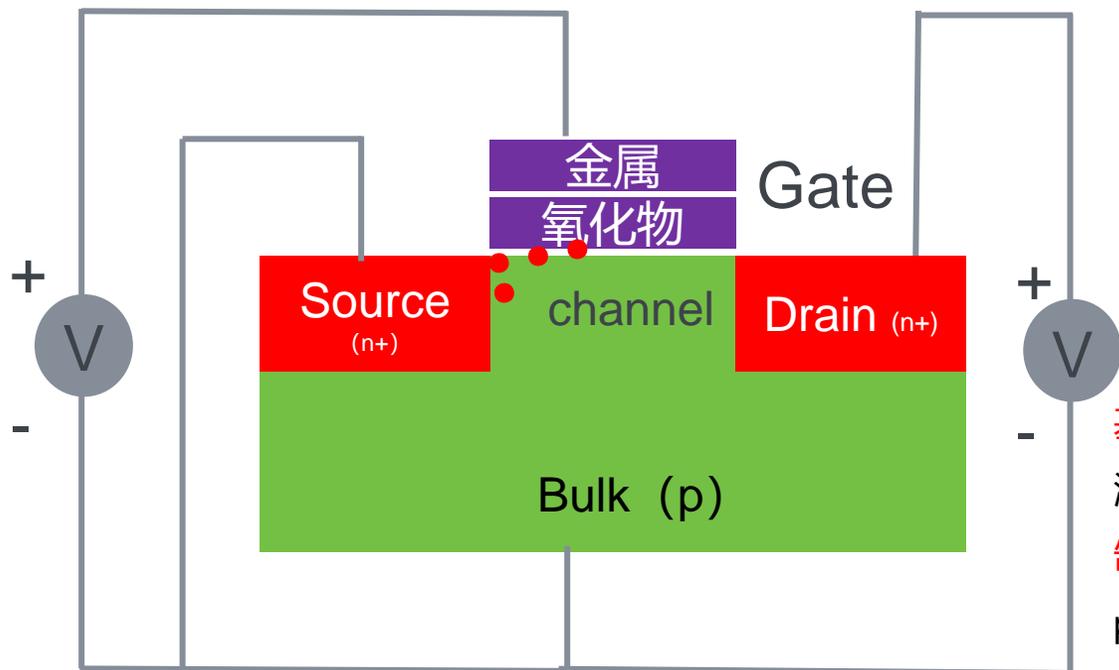
Yong-Min Lei<sup>a, b</sup>, Meng-Meng Xiao<sup>c</sup>, Yu-Tao Li<sup>a</sup>, Li Xu<sup>d</sup>, Hong Zhang<sup>e</sup>, Zhi-Yong Zhang<sup>e, f, g, h</sup>, Guo-Jun Zhang<sup>a, f, g, h</sup>

## 论文：石墨烯场效应晶体管生物传感器检测全血心力衰竭相关生物标志物

# MOSFET结构及原理



# MOSFET结构及原理



MOSFET结构示意图



基本结构:

源极(Source), 漏极(Drain), 栅极(Gate), 体极 (Bulk)

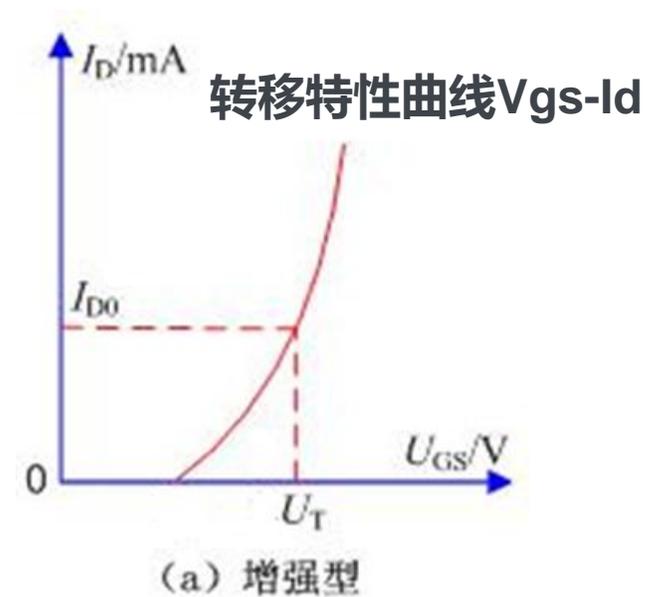
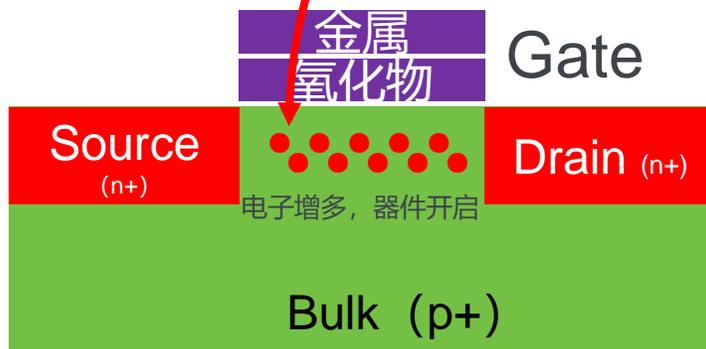
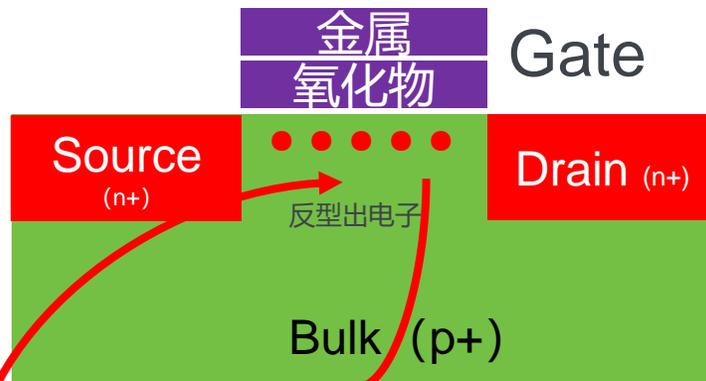
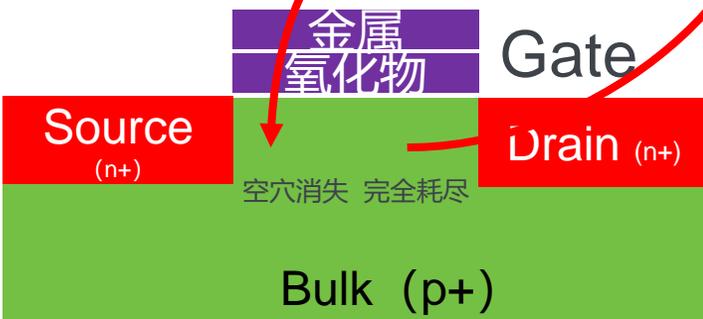
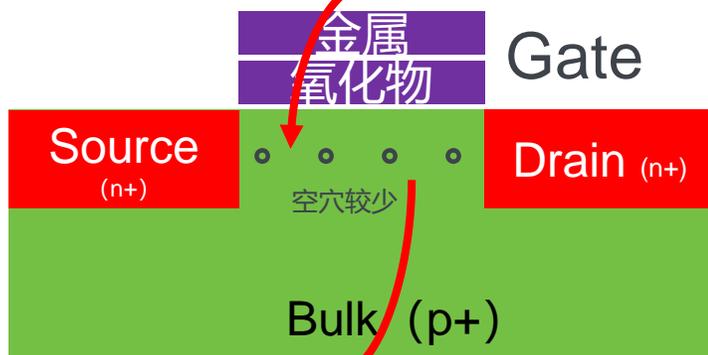
制造工艺:

p型硅两端注入磷, 形成n+层 (Source/Drain), 中间部分生长 $\text{SiO}_2$ 绝缘层 (Gate)。横向形成背靠背的pn结, 纵向是金属-氧化物-半导体结构 (MOS)

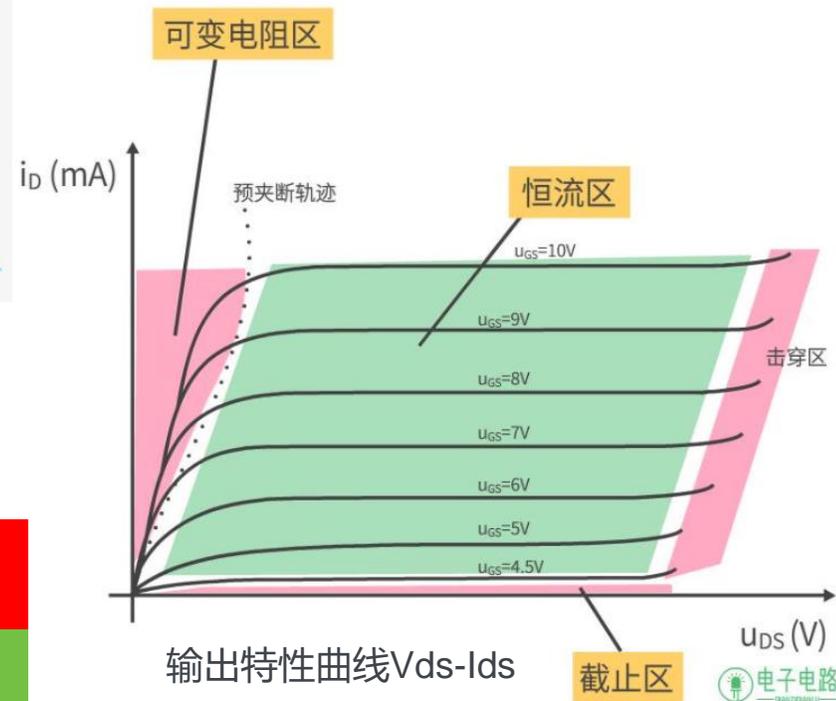
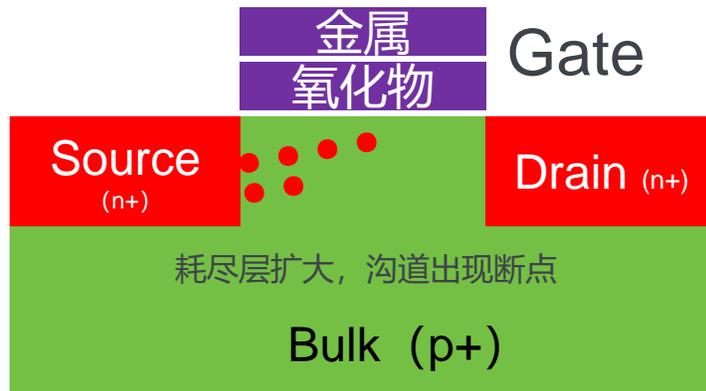
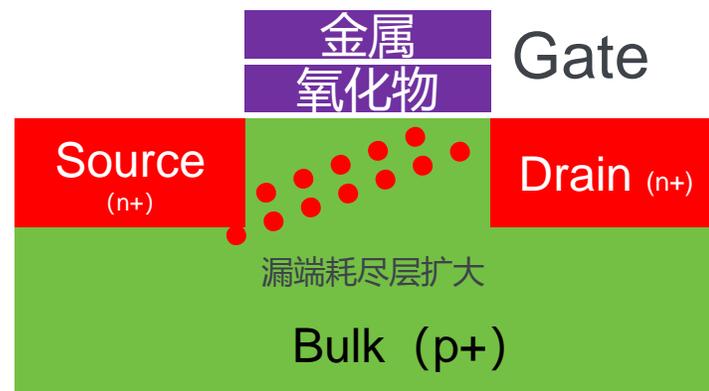
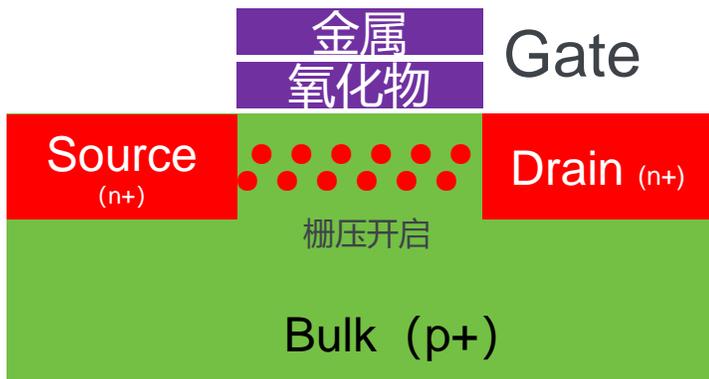
工作原理:

场效应晶体管是一个电压控制电流的元件, 通过栅极的调制, 来控制源漏之间的电流大小, 使其呈现开/关状态, 由此定义逻辑1和逻辑0。

# MOSFET结构及原理



# MOSFET结构及原理



# MOSFET结构及原理

MOSFET制备材料:

石墨烯, 碳纳米管,  $\text{MoS}_2$ 等二维材料, MEMS结构

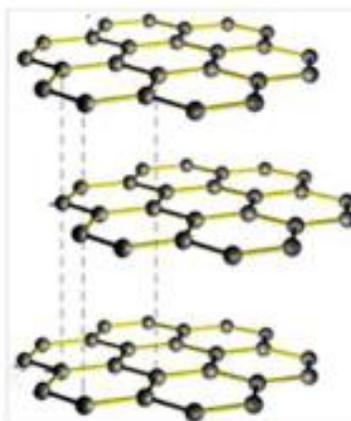
尺寸小, 易掺杂, 易改性, 对掺杂物质敏感, 载流子和迁移率高



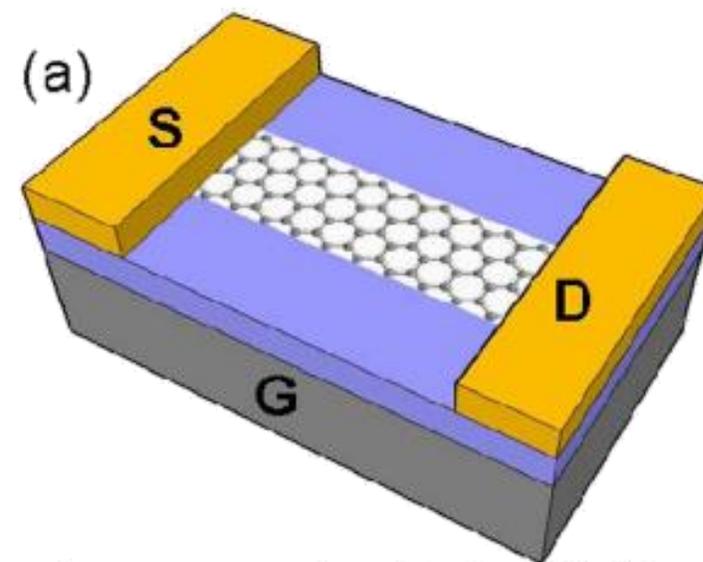
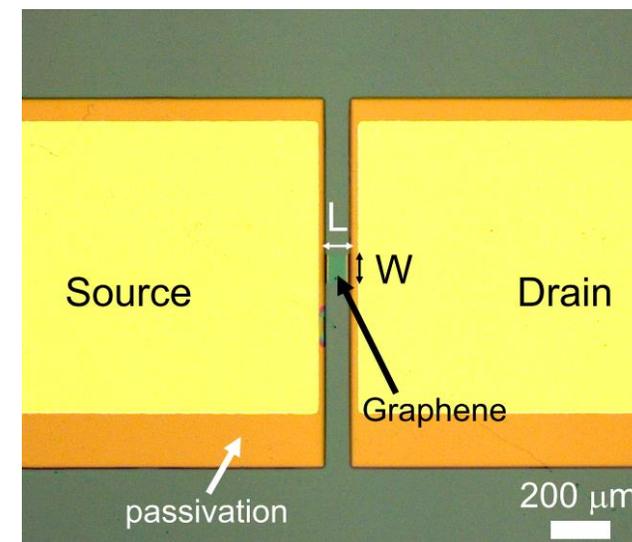
零维富勒烯



一维碳纳米管



三维石墨烯

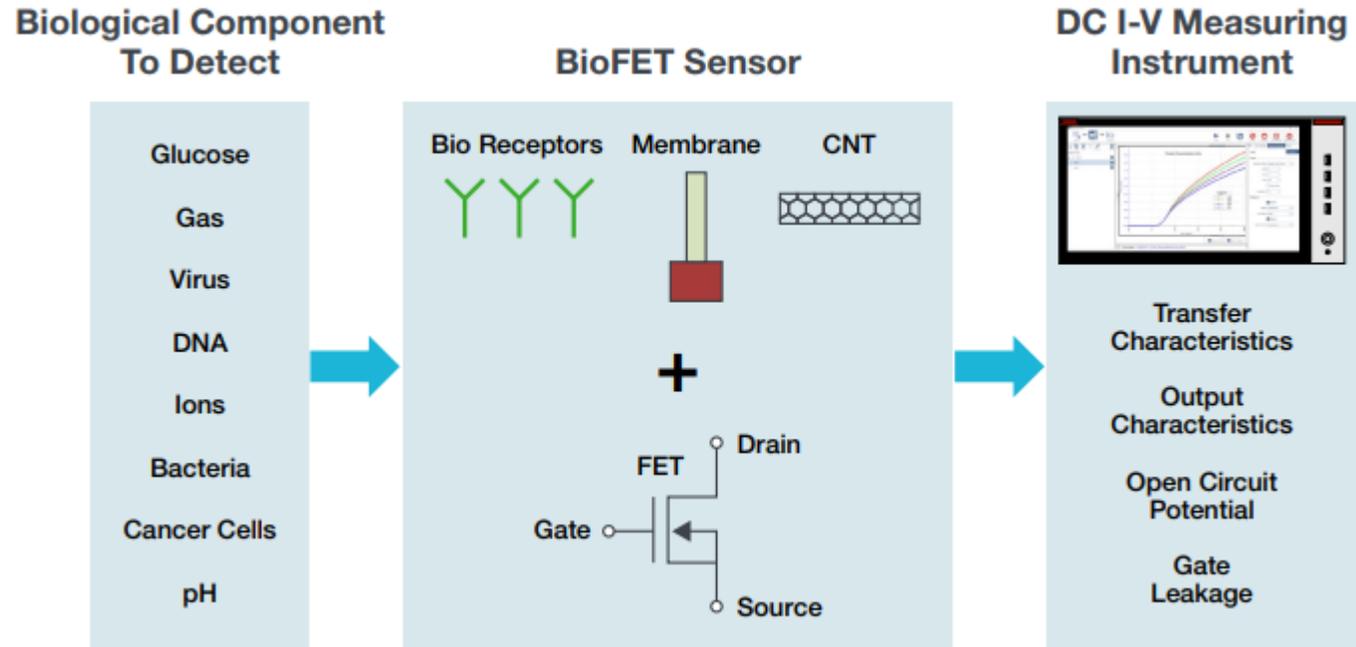


# MOSFET生物传感测试原理



# MOSFET生物传感测试原理

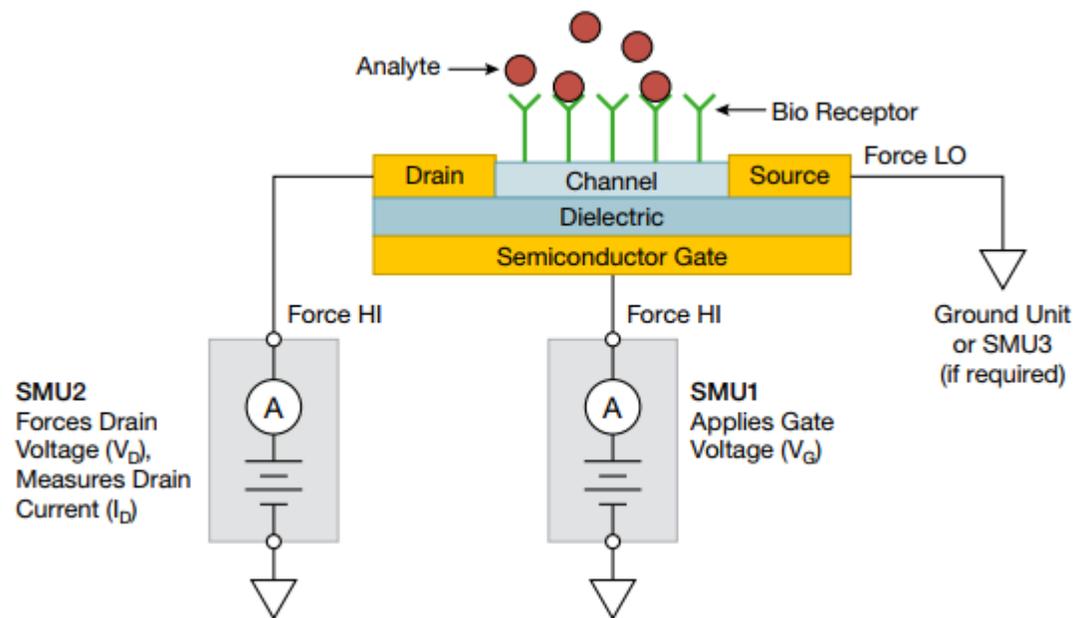
## MOSFET介绍



生物特异性反应的一组反应物，受体附着在使用碳纳米管/石墨烯/MoS<sub>2</sub>等二维材料做成的MOSFET或传感器的栅极或沟道上，使用4200A测试器件在特异性反应前后电学特性的变化

# MOSFET生物传感测试原理

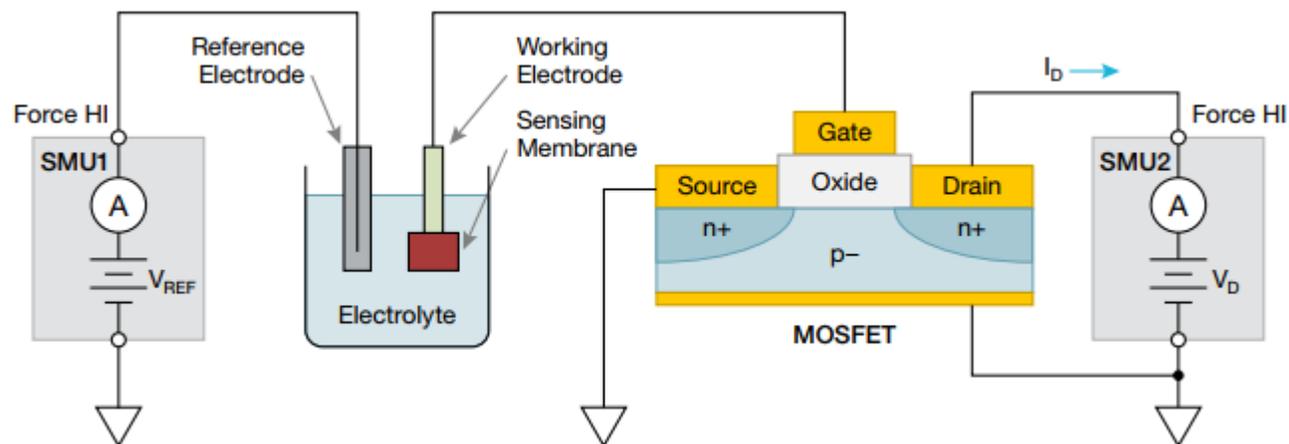
## MOSFET介绍



背栅型：生物的特异性反应发生在沟道上，使用背栅的MOSFET结构

# MOSFET生物传感测试原理

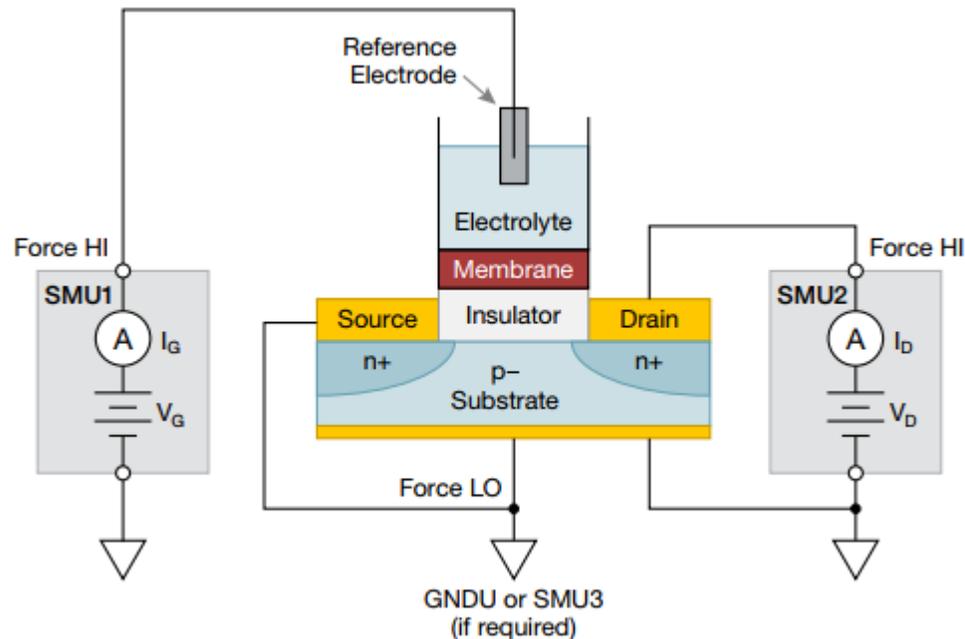
## MOSFET介绍



栅极外延型：生物的特异性反应发生在外部，使用栅极延伸的MOSFET结构

# MOSFET生物传感测试原理

## MOSFET介绍



离子灵敏型：离子浓度变化引起栅极电压变化的MOSFET结构

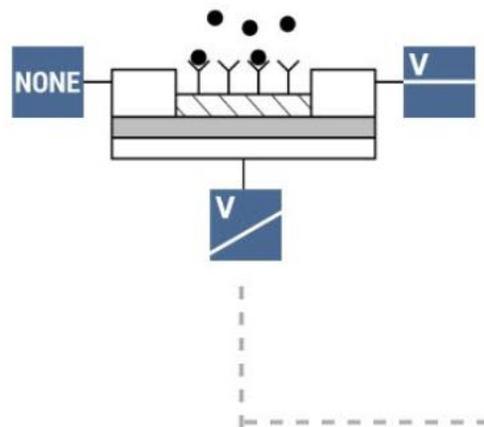
# 测试参数及测试方法



# 测试参数及测试方法

## MOSFET介绍

Source	NONE
Operation Mode	Not Connected



Drain	SMU2
Operation Mode	Voltage Bias
Bias	0.65 V
Compliance	0.1 A
<input checked="" type="checkbox"/> Measure Current	<input checked="" type="checkbox"/> Report Voltage

Gate	SMU1
Operation Mode	Voltage Linear Sweep
Start	0 V
Stop	5 V
Step	0.05 V
Compliance	0.1 A
<input checked="" type="checkbox"/> Measure Current	<input checked="" type="checkbox"/> Report Voltage

使用4200参数分析仪,

SMU进行DC I-V测试; fA级电流灵敏度

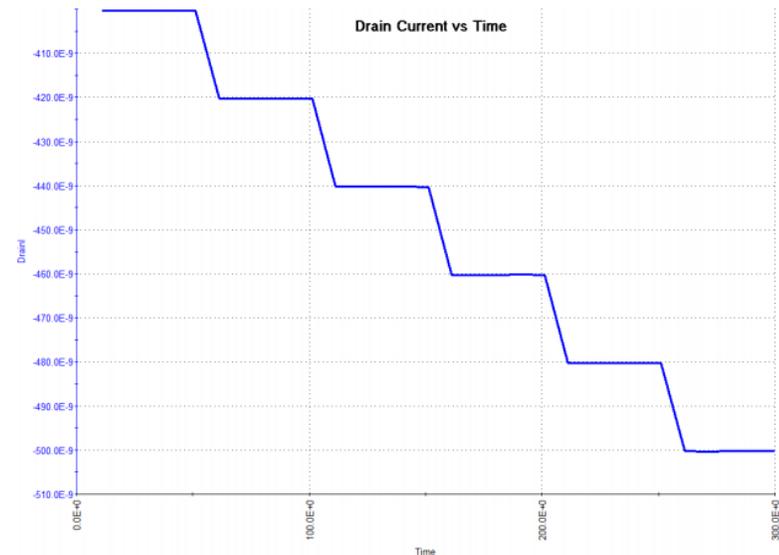
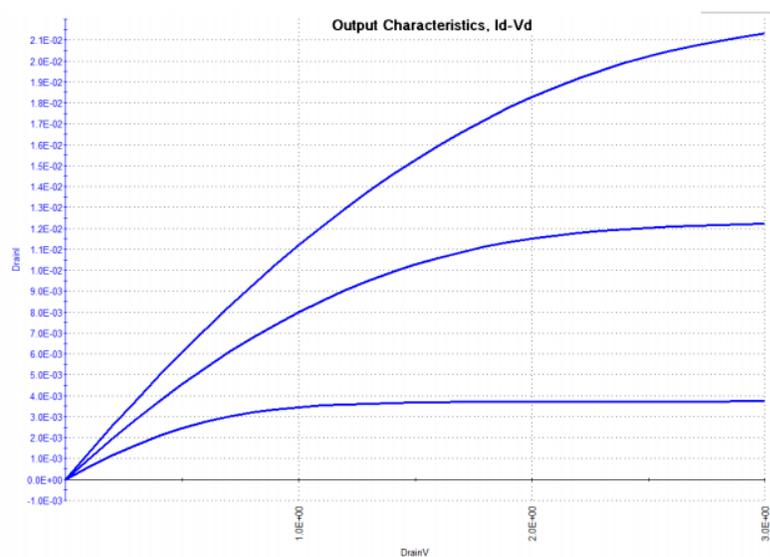
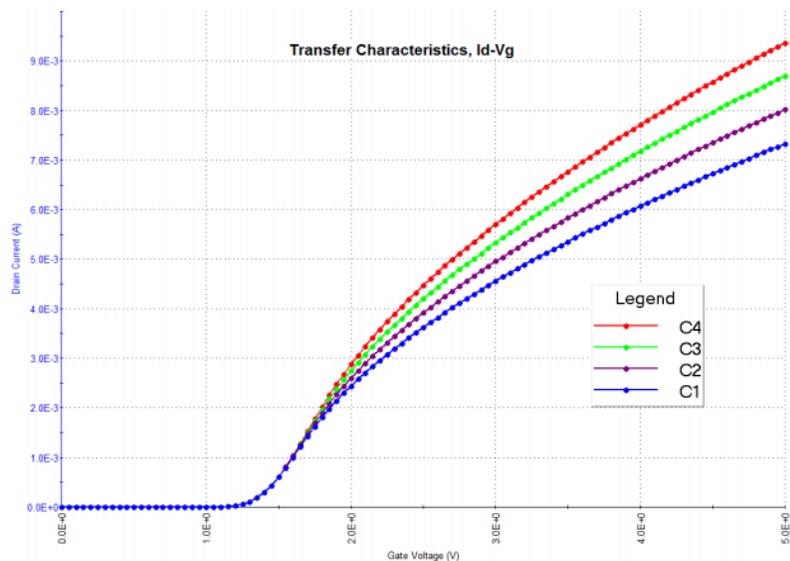
CVU进行电容/阻抗测试; fF级电容灵敏度

PMU进行快速采样测试; 200M采样率, nA电流检测能力

一体化结构, 集成化系统, 自带测试软件, 高精度, 更快速

# 测试参数及测试方法

## MOSFET介绍



栅极调控：转移特性曲线，阈值电压 $V_{th}$ 的改变

沟道调控：输出特性曲线，线性电流、饱和电流的变化

I-T曲线：电流/电压/电容参数随着时间变化曲线