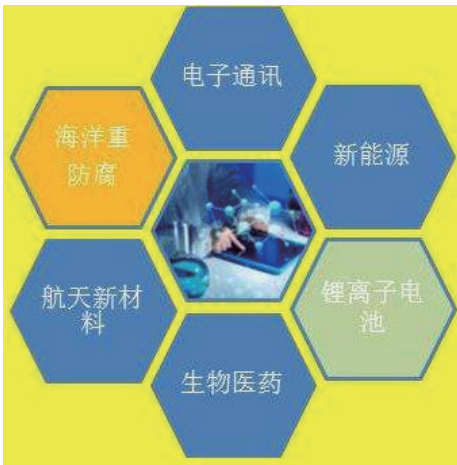
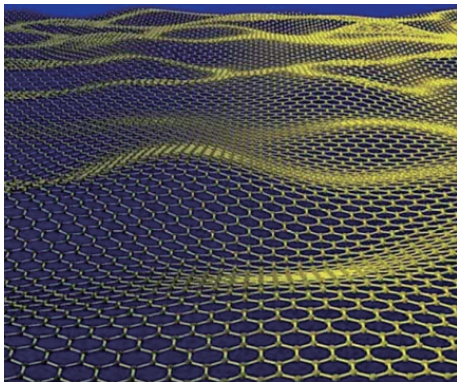


二维/石墨烯材料及电子器件测试

概述：

所谓二维材料(Two dimensional material)，指的是电子仅可在两个维度的非纳米尺度(1-100nm)上自由运动(平面运动)的材料，属于纳米材料的范畴，包含具有超导、金属性、半金属、拓扑绝缘体、半导体、绝缘体的材料。二维材料表现出不同于普通材料的奇异性质，这源于其超薄的厚度引起的量子限域效应，这些奇异的性质使得二维材料成为物理学、化学和材料科学研究的热点。二维材料在透明导电电极、光电探测器、气敏探测器、二极管、晶体管、忆阻器、太阳能电池、LED、电催化剂、光催化剂等领域得到广泛应用。此外，二维材料其超薄的特性有望解决常规半导体面临的短沟道效应，使得晶体管尺寸进一步缩小，在大规模集成电路领域有潜在的应用前景。



二维/石墨烯材料及电子器件电性能测试

二维/石墨烯材料电学方面的研究，材料改性后的电阻率，载流子浓度及载流子迁移率，这些参数之间的关系如下：

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{\frac{\rho L}{A}} = \frac{VA}{\rho L} = \frac{q n \mu V A}{L} \quad \mu_H = \frac{|V_H t|}{B I \rho}$$

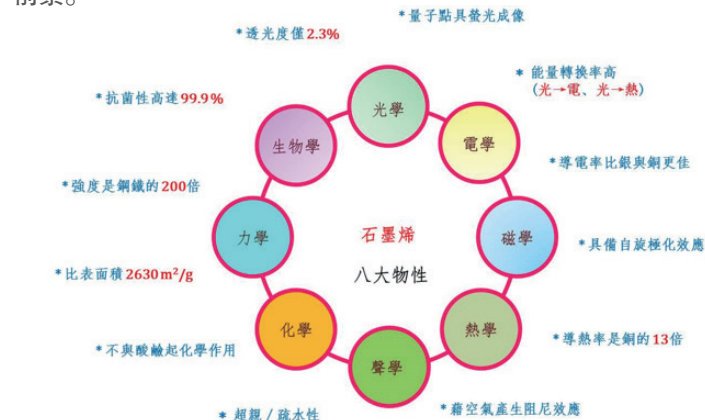
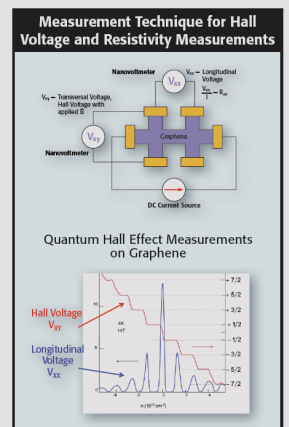
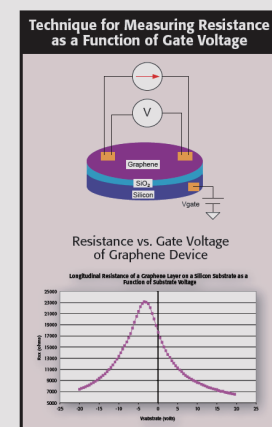
I = Current (A)
 V = Voltage (V)
 R = Resistance of sample (Ω)
 ρ = Resistivity of sample ($\Omega\text{-cm}$)
 L = Length of sample (cm)
 A = Cross sectional area of sample (cm^2)

For a doped semiconductor:
 $\rho = \frac{1}{q n \mu}$
 q = Electron charge (C/ cm^3)
 n = Carrier concentration (cm^{-3})
 μ = Carrier mobility (cm^2/Vs)

对二维/石墨烯材料，通常使用四探针法或范德堡法测试电阻率，用霍尔效应测试载流子迁移率及载流子浓度，有关这几种测试方法，请参阅《纳米材料电性能测试概述》。对二维/石墨烯电子器件，通常用I-V曲线表征其特性。

二维/石墨烯材料及电子器件电性能测试挑战

- 首先，二维/石墨烯材料属于纳米材料范畴，《纳米材料电性能测试概述》中讨论的测试挑战对二维/石墨烯材料都适用。



二维材料最为典型的代表是石墨烯，石墨烯是由碳原子组成的二维结构，由于在电学/热学/光学等方面的优良特性，被广泛研究并使用在这个领域。在半导体特性上，石墨烯具有优良的导电特性及易掺杂改性的特性，因此被用来制作各种半导体器件，如零带隙、顶栅石墨烯场效应管，双层石墨烯晶体管，双极超导石墨烯晶体管，石墨烯纳米带场效应管等。在应用上可作为穿戴设备，传感器，充电设备等。

- 电阻率及霍尔效应测试均是加流测压的过程，需要设备能输出电流并且测试电压，这意味着同时需要电流源和电压表，并且电流源和电压表精度要高，保证测试的准确性。
- 电阻率及电子迁移率通常范围较大，需要电流电压范围都很大的设备。

二维/石墨烯材料及电子器件测试

- 需与探针台配合，测试设备需方便连接，需易用的软件
- 霍尔效应测试时，通常要准备霍尔条(Hall Bar)

高性价比测试方案

硬件

- 6221高精度脉冲电流源
- 2182 纳伏表
- 7168 开关卡
- 探针台（第三方）



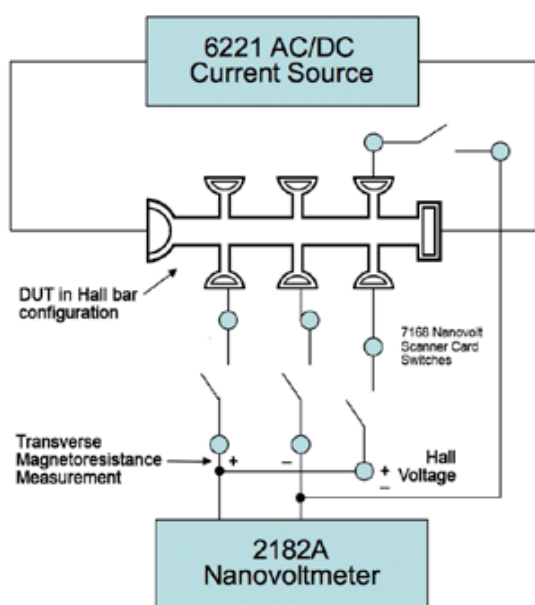
软件

- 自行开发



优势

- 性价比高
- 具有脉冲电流
- Delta 模式
- 被测样品电阻适用范围广($\mu\Omega \sim T\Omega$)
- 纳伏开关卡不影响测试精度



高性能测试方案：

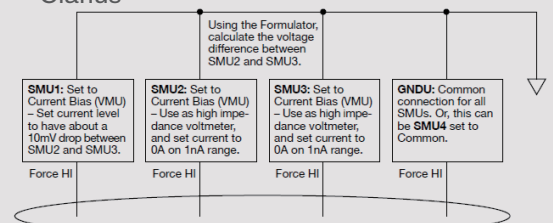
硬件

- 4200A-SCS + 4200 SMU X 3 或 4
- 4200 PA X 3 或 4
- 测试台（第三方）



软件

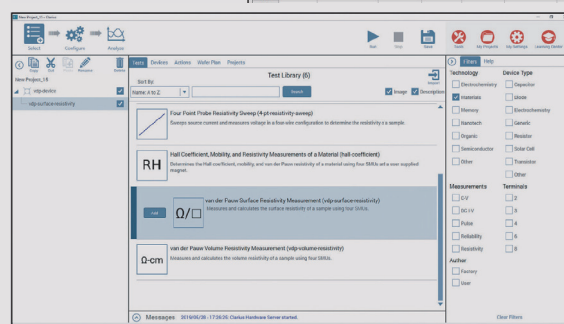
- Clarius



Project: vdp-resistivity

1 of 1

vdp-test		Test Current					
vdp-device		A1	B	C	D	E	F
1	Test Current	IE 005	0.09994800575	1	1	1.133	11324.55843
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							



优势：

- SMU模块集电压源/电压表/电流源/电流表于一体，集成度高，方便使用
- SMU均配有开尔文接口，在测试小电阻时可有效消除线缆电阻的影响
- 电流输出精度40fA；电流测试精度10fA；电压测试精度80 μ V；
- 带有pulse工作模式，使用pulse测试可以消除自加热效应(需增加 4225 PMU 硬件)
- Clarius软件可调用内置Project，不仅适用于针对二维/石墨烯材料的四探针，范德堡，霍尔效应测试，也适用于二维/石墨烯电子器件 I-V C-V 特性测试(C-V 特性测试时需添加 4210 CVU 硬件)
- 开放设备底层指令，附带编译软件，支持自编程