



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

商业GaN功率管辐照测试结果

王夏雨 王佳

计算机学院 电子信息学院

西北工业大学微电子学研究所

2024年5月15日

辐照测试环境与指标

测试芯片：INN40FQ015A（INNOSCIENCE）

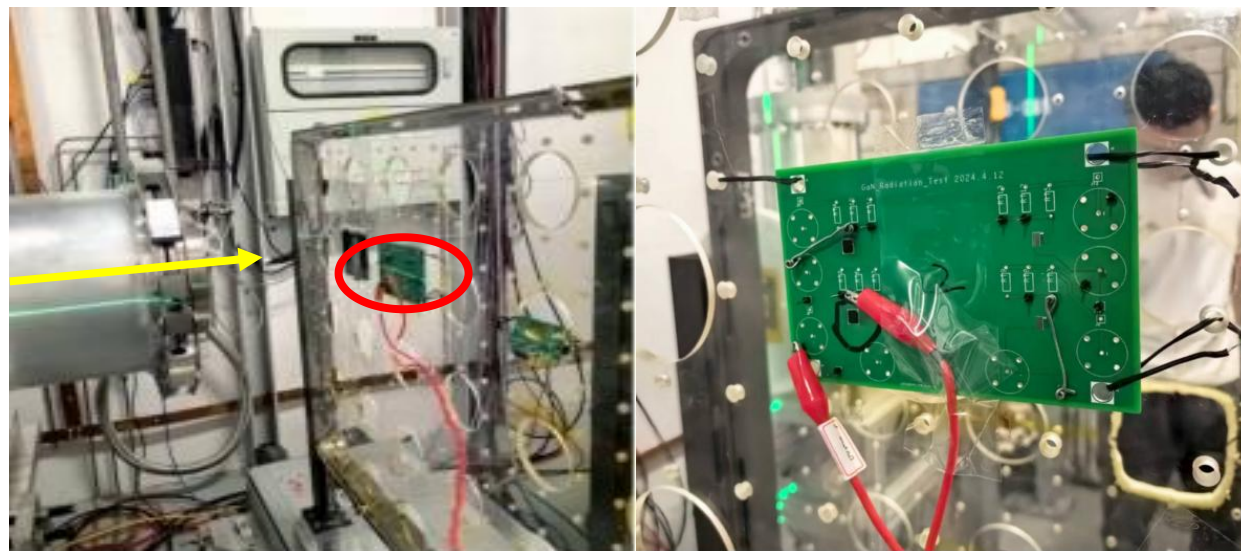
工具：源表keysight B2901A、配套控制软件

连接方式：漏源短接

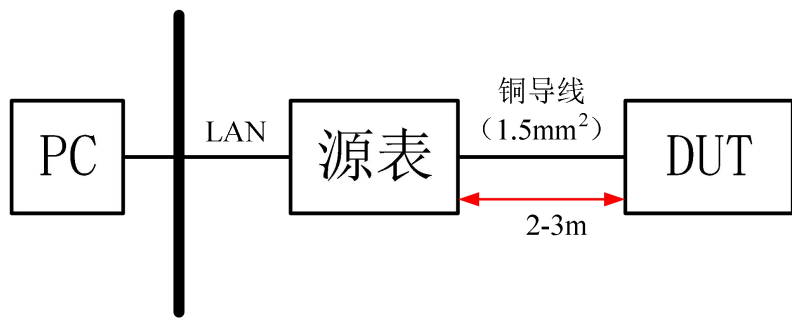
测试指标：

①阈值电压：扫描电压，电流大于25mA时的电压值。

②静态导通电阻：漏源电压/漏源电流



测试PCB固定到样品台上的实物照片(左图中黄色箭头为束流方向)



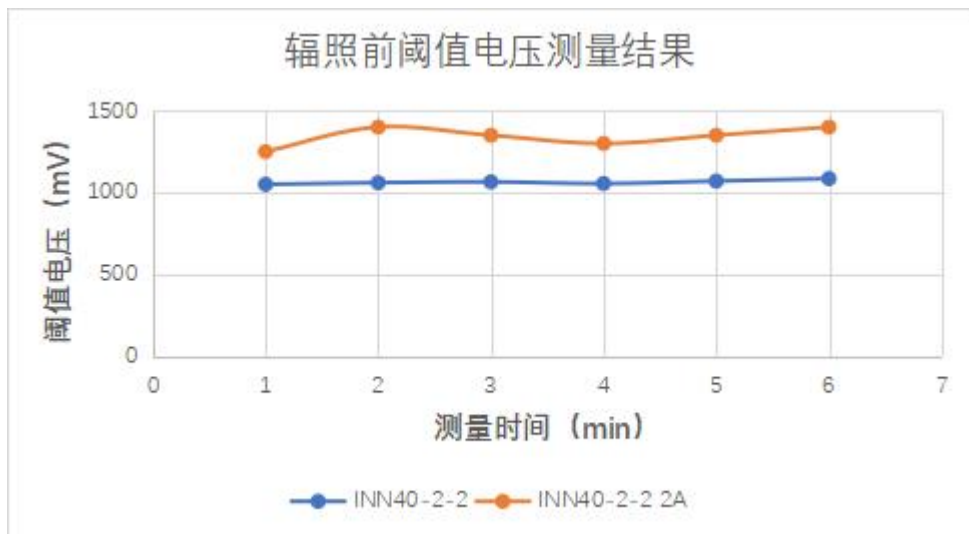
在线辐照测试连接关系示意图

◎束流在地下隧道内，测试人员位于地面

◎源表接入局域网，通过专用程序编写测试项远程控制

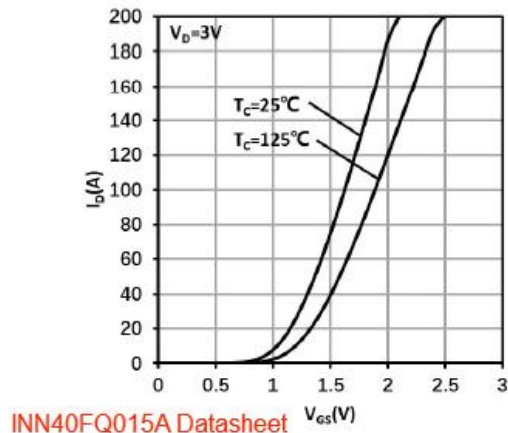
◎待测器件的供电电源可以远程控制开关（中子源提供）

阈值电压测试结果

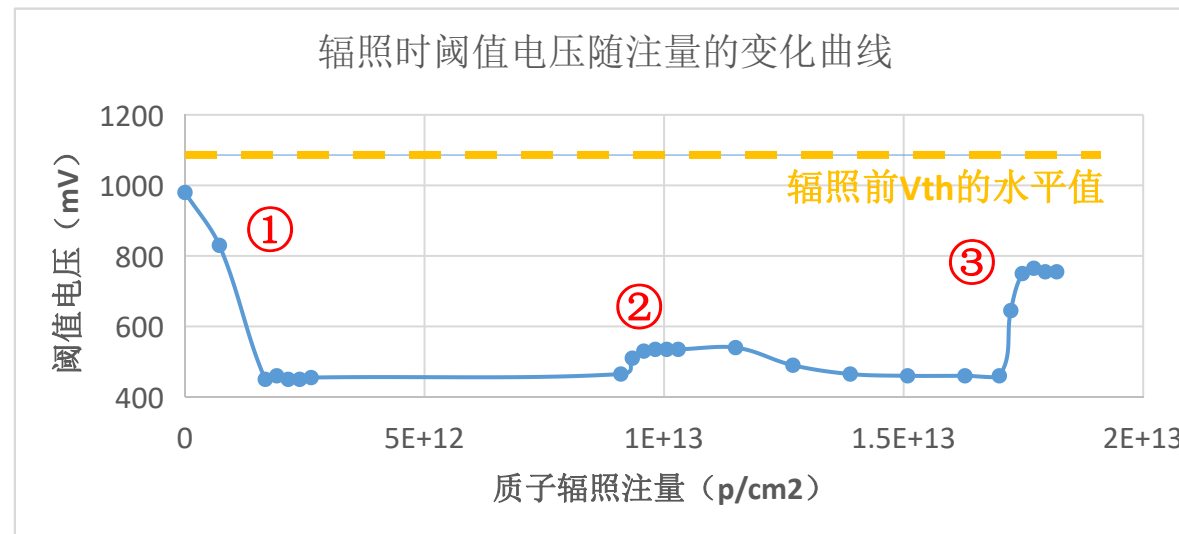


蓝色波形：正常测量
 橙色：芯片持续过大电流发热情况下测量结果

Fig. 6 Typical Transfer Characteristics



INN40FQ015A Datasheet



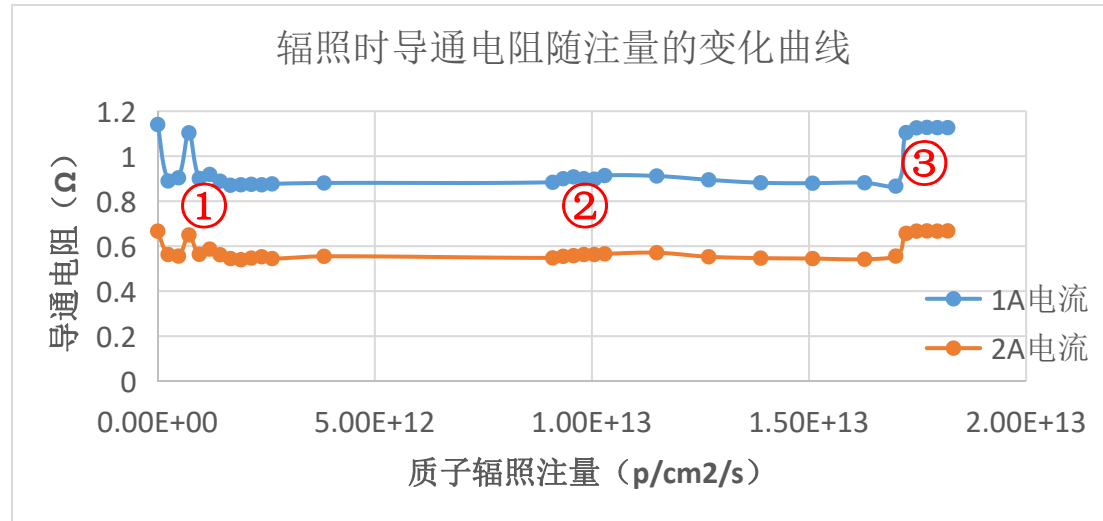
辐照中阈值电压随辐照注量的变化曲线（束流能量为80MeV）

- ① 80MeV的质子辐照，阈值电压降低至450mV，而后保持基本不变。
- ② 温度升高，阈值电压升高。（测试中，远程软件死机，重启后，测试程序中有持续过大电流的bug。）
- ③ 1.7×10^{13} 注量，阈值电压明显升高←改变质子能量为20MeV

静态导通电阻测试结果



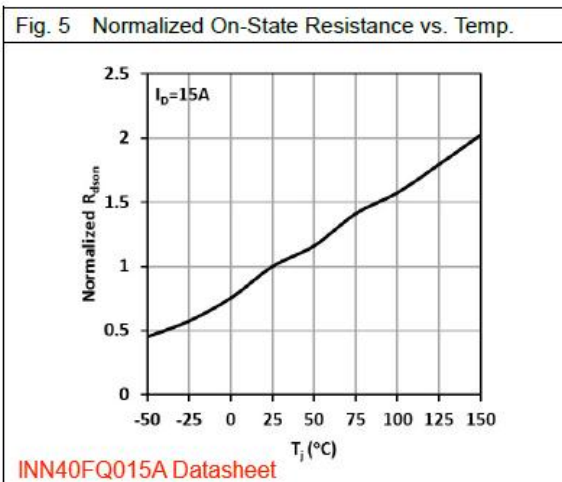
输入电流源，测电压。V/I
计算得到Ron。



辐照前功率管电流为1A和 2A时的导通电阻

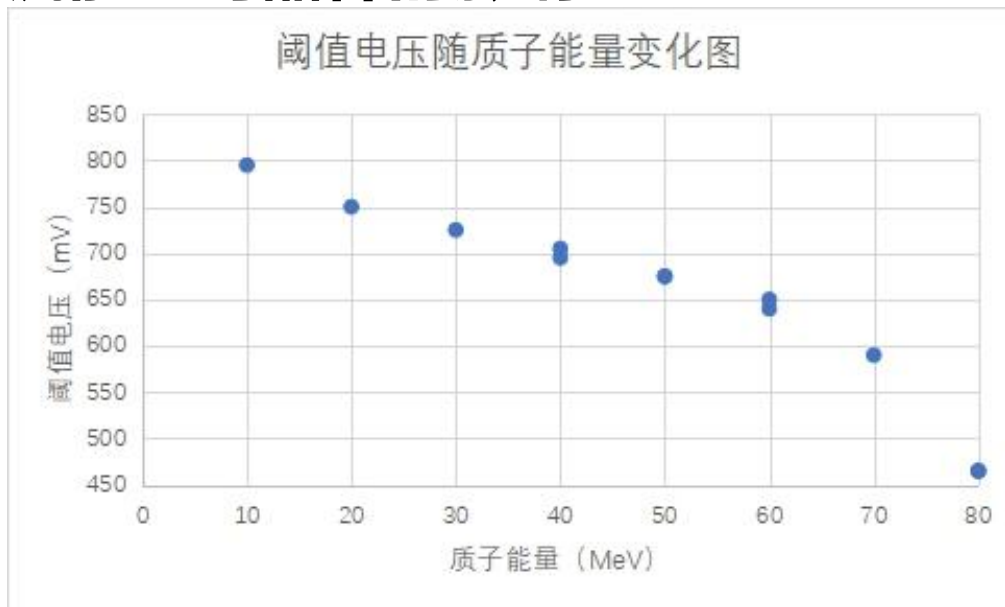
辐照时功率管电流为1A和 2A时的导通电阻

注：导通电阻的测量结果包含长电流线的电阻约130mΩ

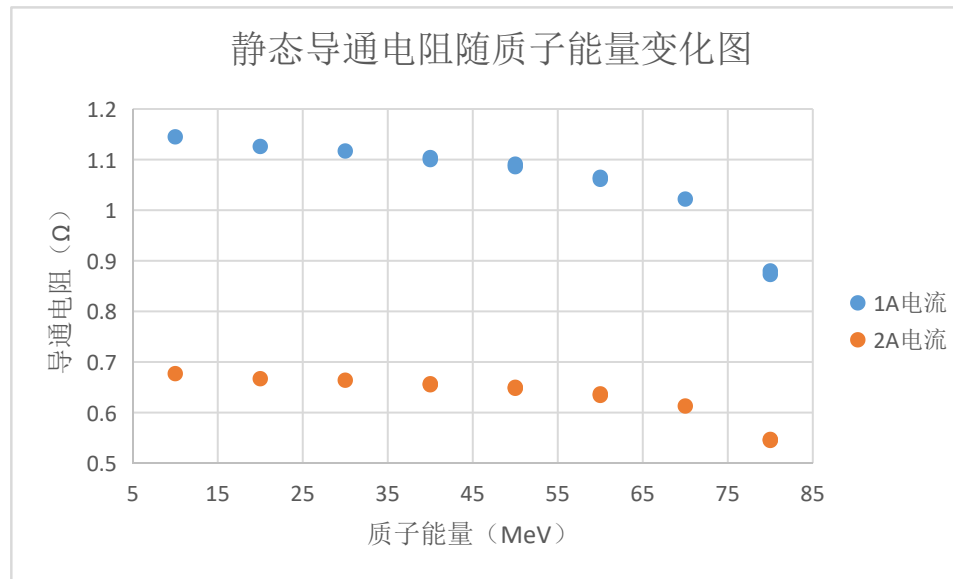


- ①80MeV的质子辐照，导通电阻降低至0.9 Ω，而后保持基本不变
- ②温度升高，导通电阻略有增加
- ③ 1.7×10^{13} 注量，导通电阻明显增大←改变质子能量为20MeV

束流能量对器件的影响



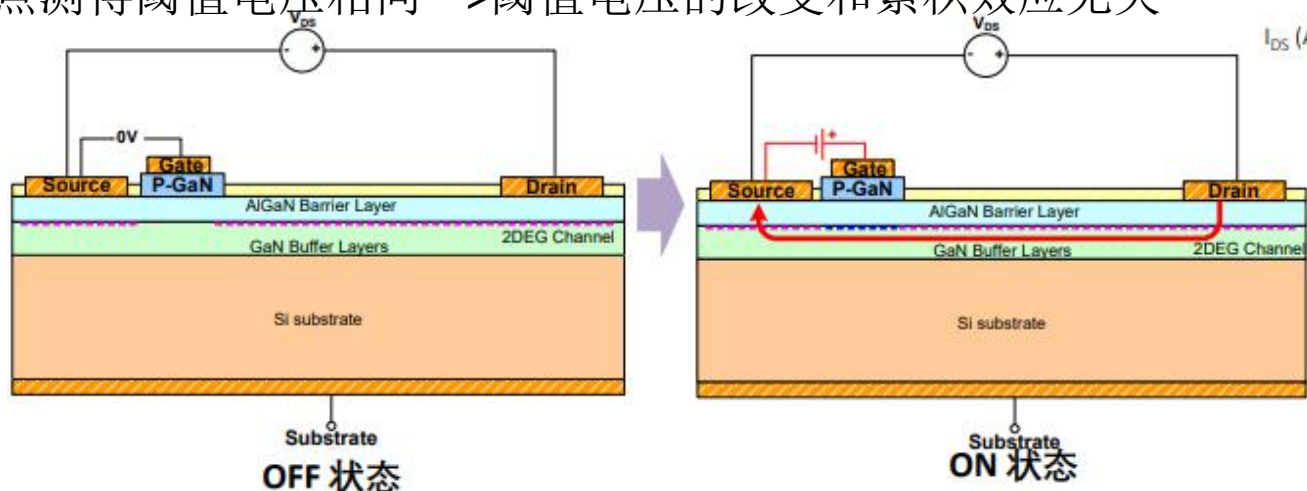
阈值电压随质子能量变化测试结果



导通电阻随质子能量变化测试结果

- ◎采用80MeV能量辐照样品，注量达到 1.82×10^{13} 后，改变质子能量测试阈值电压。
- ◎质子能量正反向扫描，同一能量点测得阈值电压相同—>阈值电压的改变和累积效应无关

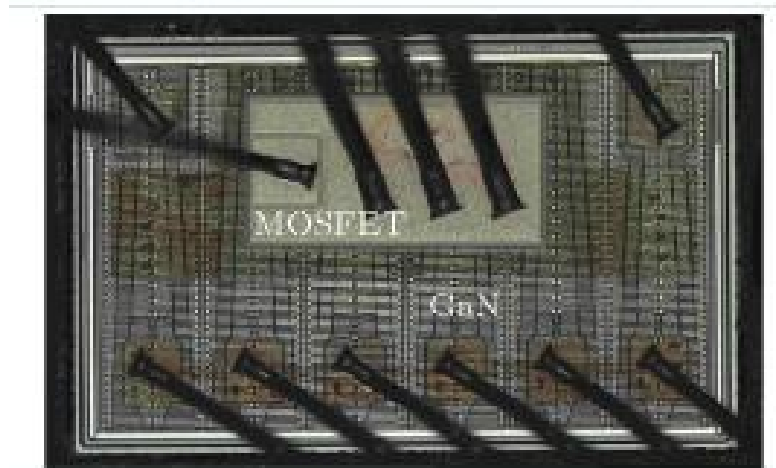
瞬态粒子对二维电子气的影响?



测试结果对比

	datasheet	multisim		辐照前测试	辐照后测试
阈值电压	1.1V@Vgs=Vds,Id=25mA	1.16V@Vgs=Vds,Id=25mA		1.07V@Vgs=Vds,Id=25mA	不变? 待测
导通电阻	1.5mΩ@Vgs=5V,Id=15A	1.7Ω@Vgs=Vds,Id=1A 0.95Ω@Vgs=Vds,Id=2A	1.2mΩ@Vgs=5V,Id=15A	1.52Ω@Vgs=Vds,Id=1A 0.9Ω@Vgs=Vds,Id=2A	不变? 待测

- 注：①阈值电压：扫描电压，电流大于25mA时的电压值
 ②静态导通电阻：漏源电压/漏源电流
 ③导通电阻的测量结果均包含长电流线的寄生约130mΩ



商业GaN功率管辐照测试总结

1、在 1.82×10^{13} 的注量内，选用的商用GaN功率管受注量影响很小

2、阈值电压和导通电阻随质子能量线性变化

怀疑原因：瞬态电离效应—电离辐照使半导体体内产生额外的电子—空穴对，导致电导率升高，阈值电压降低、导通电阻增加

3、机时申请较短，大注量测量时间较长。做辐照实验的出差时间要留够裕度。

4、参考文献证明辐照质子能量越低造成的损伤应该越大。是否需要开帽？

5、GaN的在线辐照测试电路板需要专门设计，可以测多颗芯片。



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

欢迎批评指正

王夏雨 王佳

**计算机学院 电子信息学院
西北工业大学微电子学研究所**

2024年5月15日