

高分辨网栅型 Au-Si 表面势垒探测器的制备和性能

丁 洪 林

(中国原子能科学研究院, 北京, 102413)

制备了对紫外光灵敏且有较高能量分辨的网栅型 Au-Si 表面势垒探测器, 其有效面积为 12.56 cm^2 , 金网栅电极厚 $195 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。对 ^{241}Am 5.486 MeV α 粒子在室温和低真空条件下能量分辨是 $55\text{--}80 \text{ keV}$ 。探讨了制备工艺并测试了性能。

关键词 网栅型 Au-Si 表面势垒探测器 光二极管

网栅型金硅表面势垒探测器对紫外光非常灵敏, 因此也称为光二极管。当核辐射射线入射到液氮, 其原子被激发而发射出波长为 170 nm 的紫外光时, 能被这种探测器有效地探测到。这种金硅面垒探测器的优点是:

1) 结构致密, 与大多数其它类型探测器相比, 体积较小; 2) 可在有磁场的环境条件下使用; 3) 所需的工作电压较低; 4) 在低温下(干冰温度, -77°C)长期使用, 性能稳定; 5) 能量损失少、分辨率高, 采用网栅型以减少金属对紫外光吸收的面积。

该探测器有较大的灵敏面积(12.56 cm^2), 在室温下具有较好的性能, 是高能宇宙射线测量中的一种较为理想的探测器。

1 制备工艺

1.1 硅片的选择

选用 FZ-N 型 Si 单晶片, $\phi 50.8 \text{ mm}$; 厚为 0.45 或 0.50 mm ; 电阻率在 1 或 $3 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$; 少子寿命 ms 量级; 位错密度 $< 10^3 \text{ cm}^{-2}$; 硅片由供货厂家研磨抛光。

1.2 超声清洗

(1) 三氯乙烯超声清洗 20 min , 目的是去除厂家研磨抛光后可能残留在硅片上的蜡, 并去油。(2) 丙酮超声清洗 20 min , 目的是去除三氯乙烯残留溶液和油。(3) 超声清洗和流动水冲洗交替进行, 以达到充分的清洗。(4) 稀硝酸溶液超声清洗, 或是王水浸泡或用酸性溶液煮, 以除去硅片上可能存在的重金属和重金属杂质离子。(5) 去离子水超声清洗。

1.3 化学腐蚀

腐蚀液用 HNO_3 , HF , CH_3COOH , 3 种酸按体积比 2 : 1 : 1 配成混合液, 充分混合并用水冷却容器, 腐蚀时间 80 s 左右。在用去离子水淬灭前必须注意硅片不能露出腐蚀液液面, 以防表面氧化。

1.4 充分清洗和水浴老化

硅片化学腐蚀后, 表面是断裂的摆锤键, 化学活性强, 容易吸附气体或杂质离子, 这对表面势垒的形成是极其不利的, 所以必须充分清洗和老化直至腐蚀的表面稳定, 在水浴中浸泡 48 h 以上效果更好。若不在水浴中浸泡, 则必须采用 HNO_3 : HF = 6 : 1 (加少量亚硝酸钠) 的腐蚀液, 在腐蚀成镜面后充分清洗并在 80℃ 的洁净空气环境中放置 10 h 以上。

1.5 老化及氧化

在洁净的环境中将样品用纯氮气吹干, 然后把样品放到洁净干燥的空气中进行老化。硅片表面千万不能与任何材料接触, 以防杂质沾污。在洁净的空气中老化时能在硅片表面自发氧化生长一层薄而致密的氧化层 (厚为 $15 \times 10^{-10} \text{m}$ 左右), 这对形成表面势垒是非常重要的。这一处理的主要特点是: (1) 温度低于 30℃, 避免了对原始材料参数的影响; (2) 湿度适中 40%—60%; (3) 自发生长的氧化层薄而致密。

1.6 真空蒸发网栅金硅表面势垒层和金环形电极、铝欧姆接触电极

正面真空蒸发金网栅势垒电极, 宽 $20 \mu\text{m}$ 、相互垂直、间隔为 $80 \mu\text{m}$ 的金硅表面势垒条带, 构成网栅型面垒结构, 金属厚度 $195 \times 10^{-10} \text{m}$ 。在背面真空蒸发铝层构成欧姆接触。

1.7 封装

封装和电极结构见图 1(a, b, c)。

2 测试结果

1. 电流-电压特性, 探测器的漏电流较小, 典型值为: 反向偏压 100V 时, $\leq 1.5 \mu\text{A}$; 150V 时, $\leq 3.5 \mu\text{A}$ 。电流-电压, 电容-电压和电荷收集特性随反向偏压的变化示于图 2。

2. 对 α 粒子的能谱响应, 对 ^{241}Am 5.486 MeV α 粒子的能量分辨为 55—80 keV。探测器的工作条件为: 工作温度 30℃; 工作电压 100V; 低真空; 主放大器成形时间 $1 \mu\text{s}$ 。对 α 粒子的能谱响应见图 3。

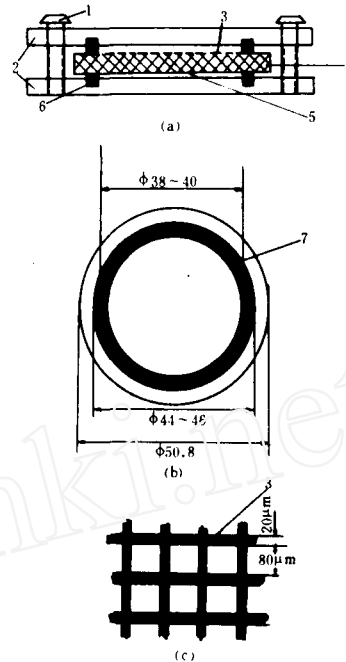


图 1 网栅型 Au-Si 表面势垒探测器

Fig. 1 Mesh type Au-Si surface barrier detector

(a)——封装结构; (b)——金环电极; (c)——网栅金表面势垒。

1——塑料螺钉和弹簧; 2——黄铜或 G-10 外壳; 3——网栅金表面势垒; 4——硅片; 5——铝电极; 6——钢丝; 7——金环电极。

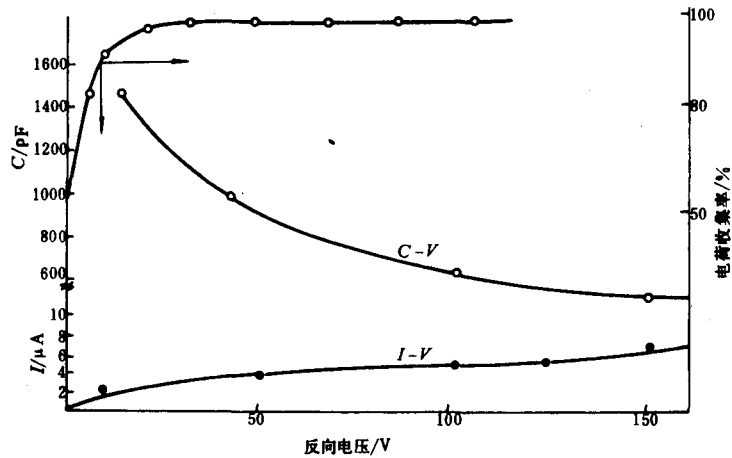


图2 网栅型金硅表面势垒探测器的电流-电压、电容-电压和对 α 粒子的电荷收集特性
 Fig. 2 I-V, C-V and charge collection characteristic curve of mesh type Au-Si surface barrier detector

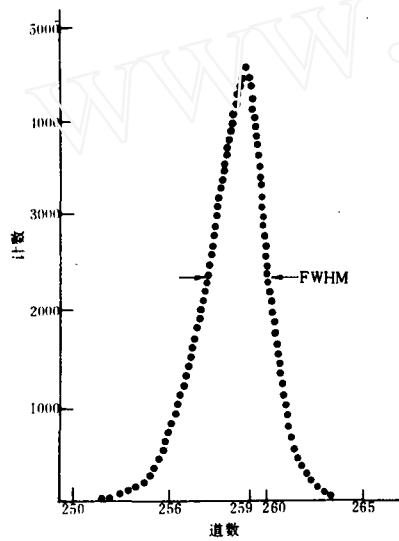


图3 网栅型金硅表面势垒探测器对 ^{241}Am 5.486 MeV α 粒子的能谱响应
 Fig. 3 Response of energy spectrum of mesh type Au-Si surface barrier detector for ^{241}Am α particle

工作温度 30 $^{\circ}\text{C}$; 成形时间 1 μs ; 工作电压 100 V; FWHM = 64.7 keV.

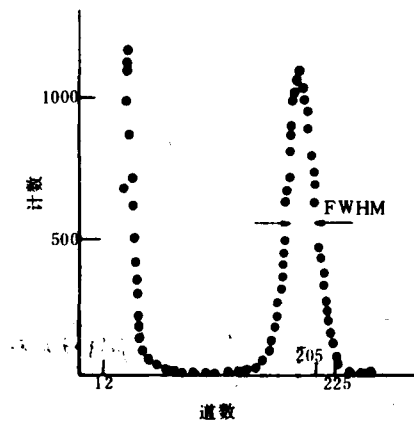


图4 网栅型 Au-Si 表面势垒探测器对液氙被 α 粒子激发后发出的紫外光的能谱响应
 Fig. 4 Response of energy spectrum of mesh type Au-Si surface barrier detector for ultraviolet photon

FWHM = 23.3 keV; 峰位 146 keV; 计数 4.03×10^4 .

3. 在干冰温度(-77 $^{\circ}\text{C}$)或是更低温度下对受 α (5.486 MeV)辐射的液氙所放射的 170 nm

紫外光的测量,其结果见图4。

FABRICATION AND CHARACTERISTIC OF HIGH RESOLUTION MESH TYPE Au-Si SURFACE BARRIER DETECTOR

DING HONGLIN

(China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275-27, Beijing, 102413)

ABSTRACT

The paper describes the fabrication technique and the performance of Au-Si surface barrier detector which is sensitive to ultraviolet light and has high energy resolution. The active area of the Au-Si surface is 12.56 cm². Thickness of gold mesh electrodes are 195×10^{-10} m. The energy resolution is 55—80 keV for 5.486 MeV α particle from ²⁴¹Am at room temperature in low vacuum.

Key words Mesh type Au-Si surface barrier detector Photo diode