

应用于大型高能物理实验的硅光电倍增器及其质量控制研究

Thursday, 16 August 2012 10:15 (10 minutes)

近年来一些大型高能物理实验研究对硅光电倍增器 (SiPM) 应用提出了更高的要求 [1-2]。例如欧洲核子中心 (CERN) 正在为 COMPASS 实验 (利用超级质子同步加速器获得高强度的 μ 介子和强子束, 来研究强子的核子结构及光谱) 设计一种新型的强子量热计 (HCAL), 该量热计的光强需要用 SiPM 来读出。然而与 SiPM 在其它核物理实验中的应用相比, 这里用到的 SiPM 必须具有非常高的动态范围和较高的光探测效率 (PDE), 单元密度为几 k/mm^2 以下的 SiPM 已经不再适用 [2]。COMPASS 实验要求 SiPM 尺寸为 $3\times 3\text{mm}^2$, 单元密度 $10000/\text{mm}^2$, 光探测效率在 500nm 处达到 12% 以上, 增益高于 3×10^4 , 暗计数在 1p.e. 阈值时小于 1MHz/mm^2 [2]。但目前世界各地的 SiPM 研发机构或公司几乎都不能提供满足这些要求的 SiPM。其关键在于现有的 SiPM 难以同时兼备大动态范围与高探测效率。

北京师范大学新器件实验室 (NDL) 研制的基于外延层体电阻淬灭的新结构 SiPM 能够有效缓解大动态范围与高探测效率不能兼得的矛盾 [3-4]。其特点是采用衬底体电阻代替一般位于表面的多晶硅条电阻以控制雪崩淬灭和电压恢复, 避免了表面电阻材料及铝互联线等对光的遮挡和吸收, 减小了器件的“死区”面积, 增大了几何填充因子。即使对于较小的 APD 单元面积和较高的单元密度也能保持较大的探测效率。目前新器件实验室研制的 SiPM 的最好特性指标是: 尺寸 $1\times 1\text{mm}^2$, 单元密度 $10000/\text{mm}^2$, 500nm 处光探测效率为 12.8%, 暗计数率为 2.91MHz , 增益为 1.2×10^5 。主要性能参数除面积外已接近 COMPASS 实验对 SiPM 的要求。

由于大型高能物理实验对探测器的可靠性、使用寿命等有非常严格的要求, 对相关 SiPM 建立一套完善的失效分析和质量控制体系势在必行。但 SiPM 的性能参数较多, 包括反向漏电、击穿电压、暗计数率、增益、光探测效率、单光子分辨谱以及光学串话等众多参数。因此, 对 SiPM 参数的测量必须有一个最佳的测量规范和流程, 以实现快速筛选和严格的质量控制。本文将简要介绍以外延片衬底体电阻作为雪崩淬灭电阻的 SiPM 工作原理和特点、主要参数以及从芯片到成品的质量控制体系。

Primary author: Mr 李, 永正 (北京师范大学核科学与技术学院)

Presenter: Mr 李, 永正 (北京师范大学核科学与技术学院)

Session Classification: 第一分会场 (探测器)

Track Classification: 核探测器