

文章编号: 1007-4627(2017)02-0184-06

Si-CsI(Tl)望远镜探测系统用于大动态范围空间重离子鉴别与测量的研究

方芳^{1,2}, 岳珂², 孙志宇^{2,†}, 千奕², 余玉洪², 闫铎², 王世陶², 章学恒²,
唐述文², 陈俊岭², 周勇^{2,3,4}, 孙宇^{2,3,4}, 王兆民^{2,3}, 孙亚洲^{2,3}

(1. 中国科学技术大学, 合肥 230026;

2. 中国科学院近代物理研究所, 兰州 730000;

3. 中国科学院大学, 北京 100049;

4. 兰州大学, 兰州 730000)

摘要: 太阳极轨射电望远镜 (SPORT) 是一颗从事太阳活动研究的卫星。重离子探测器是其中的高能粒子探测仪的关键组成部分。鉴于重离子探测器对多种类离子 ($2 \leq Z \leq 26$) 的鉴别和大范围能段 ($8 \sim 300$ MeV/u) 的测量需求, 中国科学院近代物理研究所设计并研制了一套 Si-CsI(Tl) 望远镜探测系统样机, 这套望远镜系统由 1 个 Si 探测器、1 个入射面为正六边形的 CsI(Tl) 晶体及其专用电子学系统构成。利用兰州重离子加速器冷却储存环系统 (HIRFL-CSR) 提供的高品质束流对这套望远镜探测系统样机进行了在束测试, 完成了种类为 $2 \leq Z \leq 18$ 的重离子直接测量与鉴别, 利用直接测量的重离子, 进行外推得到, 最高测量要求的 300 MeV/u Fe 离子也在设计要求的范围内。实验结果显示这套望远镜探测器样机满足空间中对大范围能段重离子探测的设计需求, 该套方案为 SPORT 计划中的重离子探测仪的设计及建造奠定了很好的技术基础。

关键词: 大动态范围; ΔE - E 望远镜; 重离子鉴别; CsI(Tl) 晶体刻度

中图分类号: P171.3 **文献标志码:** A **DOI:** 10.11804/NuclPhysRev.34.02.184

1 引言

太阳活动是天文学研究的重要学科方向之一, 地球空间天气的任何灾难性事件都是由太阳的爆发引起的, 然而并不是所有太阳的爆发都可以引起地球空间环境的变化, 这是由于当前人们对从太阳喷发出的日冕物质在离开太阳表面之后向远处扩散和传播的规律和路径认知还不清楚。因此, 单纯观测太阳表面的爆发, 无法准确预报这些抛射物质是否会到达并影响地球。为了精确预报其是否能够到达地球, 最好的办法是远离黄道面在太阳高纬地区对整个内行星际进行居高临下的成像观测。这样, 便可以通过测量日冕抛射物质中重离子的通量和能谱变化来实现空间灾难事件的提前警示。基于此, 中国科学院空间先导专项率先提出了太阳极轨射电望远镜计划 (Solar Polar Orbit Radio Telescope, 简称 SPORT 计划)^[1, 2]。它将是人类首次脱离太阳黄道面在太阳高纬度地区进行成像观测的遥感航天器, 它由高

能粒子探测仪、磁强计及日冕仪等多个有效载荷组成。其中的高能粒子探测仪主要由重离子探测仪等部分构成。随着空间科学的发展和技术的进步, 空间重离子探测技术已得到快速发展^[3]。根据科学目标能段的不同, 国际上空间科学探测中常采用的重离子鉴别与测量方法有脉冲幅度分析法、探测器望远镜法 (ΔE - E)、飞行时间法、磁分析法和静电分析法等。根据 SPORT 计划目标重离子的种类及能区, 确定了 ΔE - E 法作为重离子探测仪的基本方案。 ΔE - E 方法的探测原理是基于非相对论能区的带电粒子在探测器中的能损 ΔE 与粒子总能量 E 的乘积 ΔE - E 仅与入射带电粒子自身的性质有关, 通过精细测量高能带电粒子的能损和总能量, 进行粒子鉴别。由于 ΔE - E 方法需要对脉冲幅度进行精确测量, 致使整个探测器系统构造相对复杂, 产生的科学数据量很大, 而空间探测中尤其是深空探测中数据上下行带宽资源都是非常有限的, 不可能将原始数据不经压

收稿日期: 2016-06-28; 修改日期: 2016-07-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(11405242, 11575269); 中国科学院青年创新促进会项目(2015342)

作者简介: 方芳(1989-), 女, 甘肃庆阳人, 硕士研究生, 从事放射性束核物理研究; E-mail: fangf@impcas.ac.cn

† 通信作者: 孙志宇, E-mail: sunzhy@impcas.ac.cn.

缩就回传地面,这就需要探测器系统能够进行在轨粒子鉴别与处理。早期受限于实验技术水平, ΔE - E 方法在空间探测中没有得到很好的应用。近年来,随着探测器和电子学技术的进步,尤其是专用集成电路(ASIC)技术的发展,多通道、高精度的脉冲幅度测量与探测器系统的低功耗、小型化已经不再冲突,并加上卫星平台技术的发展, ΔE - E 方法才得以发展,并开始应用于太阳以及行星环境中的带电粒子探测,如美国好奇号(Curiosity)上所搭载的辐射评估探测器(RAD)^[4]和美国太阳轨道器(Solar Orbiter)上搭载的高能粒子望远镜(HETn)^[5]。通常,空间 ΔE - E 望远镜系统的核心部分包括用于重离子种类鉴别和能量测量的 ΔE 和 E 探测器及其相应的读出电子学。鉴于空间恶劣的辐射背景,在核心部分 ΔE 和 E 探测器外部设计了反符合探测器以消除从视场内和视场外可能的入射干扰粒子导致的对目标重离子种类及能量的误判。

本文基于中国科学院空间科学先导专项 SPORT 计划中重离子探测器核心部分 ΔE - E 望远镜探测器系统,对其关键技术大动态范围的 Si-CsI(Tl) 望远镜及其读出电子学的设计与实现进行攻关,重点解决空间多种类重离子探测的鉴别与其中多 Z 原子序数的闪烁体大动态范围鉴别与测量的技术难题。因此,本文将主要对该大动态范围 ΔE - E 望远镜探测器原理样机的闪烁体探测器及其专用读出电子学的设计与研制进行介绍,在样机研制完成的基础上,利用兰州重离子加速器国家实验室(HIRFL-CSR)治癌终端提供的束流进行在束实验,并利用 6 种不同的重离子对该望远镜探测系统进行性能标定,验证并讨论其是否满足物理设计目标。

2 Si-CsI(Tl)望远镜探测系统的设计制作及调试

本项目的主要目标是对 SPORT 计划中的中高能重离子探测器进行预研,根据当前确定的 ΔE - E 方法技术路线方案,设计了一套 Si-CsI(Tl) 望远镜探测系统,它主要包含用于测量 ΔE 的 Si 探测器和测量 E 的 CsI(Tl) 闪烁探测器及前端读出电子学模块。

整个望远镜探测系统主要物理设计指标是用于实现对能量为 $8 \sim 300$ MeV/u 种类为 $2 \leq Z \leq 26$ 的重离子进行鉴别与测量,要求对 30° 入射的 Fe 离子的最大能损不出现饱和现象,并可以分辨 ^3He 和 ^4He 离子。当重离子入射到 ΔE - E 望远镜探测器系统时,其能量或部分或全部损失在各个子探测器中,能量损失产生的脉冲信号通过前端读出电子学系统以道数的形式记录,其中,脉冲信号的道数与探测器中沉积的能量的大小相对

应。由于输出脉冲幅度取决于入射粒子的种类和能量的大小,这样可以用已知种类和能量的重离子对探测器进行刻度,得到探测器的刻度关系式,从而对未知种类的粒子进行计算,实现粒子种类的鉴别与测量。图 1 给出了 SPORT 重离子探测器中 ΔE - E 望远镜原理样机的结构示意图。

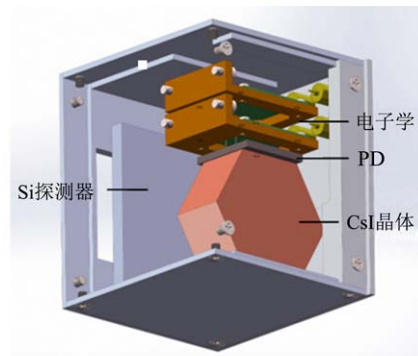


图 1 (在线彩图) SPORT ΔE - E 望远镜原理样机结构图

2.1 CsI(Tl)闪烁探测器的设计

CsI(Tl) 是望远镜系统中最为核心的部分,用于承担重离子探测器中的完全能量沉积 E 的测量。通过 LISE 程序^[6]可以计算得知,当 CsI(Tl) 晶体厚度为 20 mm 时,Fe 离子 30° 入射角时全部沉积的最大能量为 313.8 MeV/u,这已经大于目标要求测量的 300 MeV/u,故确定 CsI(Tl) 晶体厚度为 20 mm。考虑到 CsI(Tl) 晶体的读出方式和包装工艺方式,确定了正六边形的构型设计。另外,CsI(Tl)晶体外部包络尺寸大小主要受限于视场大小和外部反符合探测器的尺寸。这样最终确定 CsI(Tl) 晶体的几何构型为边长 25 mm、厚度 20 mm 的正六边体。根据该构型尺寸,可以计算得到 E 探测器需要实现 $14 \sim 16800$ MeV 能量沉积的测量。

鉴于中国科学院近代物理研究所(IMP)具有良好的 CsI(Tl) 晶体制作基础^[7],选择了 IMP 自制的晶体作为 E 探测器的介质材料。在深空探测器研制中,功耗资源和尺寸大小都有严格的限制,为了节约功耗并减小尺寸,CsI(Tl) 晶体的读出器件拟选用光二极管(PD)。其中,CsI(Tl) 晶体一个侧面与读出器件相耦合,其它表面采用包装材料进行包装。为了加强读出器件的可靠性,CsI(Tl) 晶体外表面与读出器件采用光学粘接剂固定,在保证机械强度的同时又保证了光学传输性能。为了确定合适的 PD 型号,使用 ^{22}Na γ 源进行了对比测试,对比测试选用的 PD 的规格型号如表 1 所列。通过比较它们的光收集效率及能量分辨率,最终选定 PD 型号为 Hamamatsu 生产的 S3204-08^[8]作为读出器件。

表 1 对比测试选用的PD的性能参数

型号	有效面积尺寸/mm ²	典型工作电压/V	典型暗电流/nA	结电容/pF
S2744-08	10×20	70	3	85
S3590-08	10×10	70	2	40
S3204-08	18×18	70	6	130

同样选取了几种较为常用的包装材料进行比较测试, 所选择的包装材料主要有 Tyvek 纸^[9]、Enhanced Specular Reflector(ESR)^[10] 以及镀铝 Mylar 膜。通过测试, 最终确定 ESR 作为 CsI(Tl) 晶体的包装材料, 测试结果见表 2。测试过程中, PD 一个管脚接地, 另一

管脚引出信号, 工作电压为 70 V。读出器件输出的信号经标准 NIM 插件电荷灵敏前置放大器及主放大器放大后送入 CAMAC 获取系统进行数据获取与分析, 其中, 主放大器的成型时间通过对比测试选定为 2 μs。

通过 LISE 计算的结果, E 探测器至少需要覆盖3个

表 2 PD及包装材料选型测试结果

序号	技术指标名称	测试内容	预期结果	能量分辨率(FWHM)/%
1	PD选型(包装材料ESR)	S3204-08	选择最优型号	12.8
		S3590-08		26.7
		S2744-08		16.3
2	包装材料选取(光二极管S3204-08)	Tyvek纸	选择最优材料	17
		镀铝Mylar膜		17.7
		ESR		12.8

量级的动态范围测量, 如何实现如此大的动态范围的测量, 这对读出电子学提出了现实要求。动态范围过小, 则不能覆盖高 Z 的入射重离子, 不符合物理设计指标要求, 而动态范围过大, 则会造成能量分辨率, 影响重离子的分辨能力。对于如此大的动态范围, 既要兼顾小信号的灵敏度, 又要考虑大信号输出不出现饱和现象, 并且有可行的电源供电电压(±12 V 以内)。经过反复测试与优化设计, 最终设计的电子学总体结构如图 2 所示。

不同前放电路分别置于两块印刷电路板上。

2.2 Si半导体探测器设计

望远镜系统中的 ΔE 探测器由 Si 半导体探测器设计实现。通常, 对于确定能量及种类的重离子来说, Si 探测器越厚, 入射离子的沉积能量就越大, 相应的信号幅度就越大, 其信噪比也越高, 这样便可以得到更好的能量分辨率, 但在本望远镜系统中, 太厚的 Si 探测器会阻挡能量较低的带电离子, 使其能量全部沉积在 Si 探测器中, 从而阻止了该能段离子的鉴别。依据测量能量段的要求, 通过 LISE 计算, 采用了 Ortec 公司标识厚度为 300 μm 的产品作为望远镜系统中的 ΔE 探测器。通过 LISE 计算的结果, 重离子在 300 μm 的 Si 上的最大能损可达 1 320 MeV, 如果仅靠一个电子学通道量程, 很难实现如此大的能量范围覆盖, 采用的方案是利用多个通道进行同时测量。图 3 给出了 Si 探测器电子学读出方案设计的原理图, 与 E 探测器的后端读出电子学设计相似。图中 E1 为高增益输出端, 用来实现轻 Z 离子的测量, E2 为低增益输出端, 用于实现高 Z 离子的测量, 其中, 高增益端的主放增益是低增益端的 10 倍, 经主放输出后的信号的脉冲幅度为 0~4 V, 送入电荷幅度转换器(ADC)进行数字转换。由于本项目属于预研性质, 经费十分有限, 因此对 Si 部分的读出电子未进行专门的小型化研制, 采用标准的 NIM 电子学插件进行后续的测试与实验, 验证其设计方案的可行性。

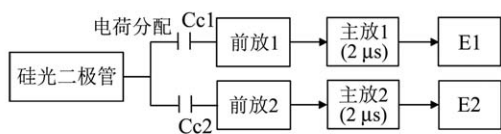


图 2 大动态范围测试电子学总体设计结构框图

从图中可以看出, PD 引出的原始信号通过两个相同的电容 Cc1, Cc1, 将原始信号电荷进行均分。原始信号经过双路电荷衰减网络 Cc1, Cc2 进入前放并送入相应的主放大器。测量过程中, 可以通过调节两路主放大器的放大倍数来实现所要求的大的动态范围的测量与覆盖。图中 E1 为高增益输出端, 用来实现轻 Z 离子的测量, E2 为低增益输出端, 用于实现高 Z 离子的测量, 其中, 高增益端的主放增益是低增益端的 3 倍。经主放输出后的信号的脉冲幅度为 0~10 V, 送入电荷幅度转换器(ADC)进行数字转换。受限于外围空间尺寸, 以及考虑如何避免两路信号之间的串扰, 设计时, 将两个

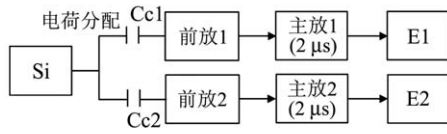


图 3 Si探测器电子学读出方案设计的原理图

3 Si-CsI(Tl)望远镜探测系统在束实验

3.1 实验方法介绍

为了验证所研制的 $\Delta E-E$ 望远镜系统及其专用读出电子学是否满足要求的性能指标, 在HIRFL-CSR的治癌终端对该样机进行了在束测量, 其中束流出射窗处的 ^{56}Fe 束能量为 160 MeV/u。实验过程中, 将Si半导体与CsI(Tl)闪烁探测器系统构成望远镜探测系统安装在距出口 4 m 的束线正前方, 同时, 为了得到较好的束流品质, 在望远镜系统前放置了一组铅光阑。此外, 为了提高整个测试系统的信噪比, 实验过程中 $\Delta E-E$ 望远镜系统及其专用电子学都采取了很好的屏蔽措施。

由于所研制的望远镜系统主要是针对空间中 8 ~ 300 MeV/u 的重离子, 其实际空间流量(重离子流量小于 $10^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$) 远小于束流流强。在实验过程中, 发现当有多个较重离子同时入射到原型样机时, 信号堆叠严重并造成前放饱和导致信号变形, 所研制的专用电子学无法正常工作。为了解决该问题, 通过采用逐片加降能片方式减少较重离子入射的数量。当采用 5.1 mm 厚 Al 片降能时, 专用设计的大动态范围电子学可以正常工作。

3.2 重离子鉴别结果

实验中需要根据实际情况调节Si探测器读出电子学的增益倍数, 实现整个目标离子种类及测量能区的覆盖, 实现Si探测器的大动态范围读出并确定增益放大倍数, 完成Si电子学读出方案设计的验证和整个指标性能的完全覆盖性测试。当Si探测器信号的增益倍数设置为 1 倍时, 所测到的重离子 $\Delta E-E$ 能量关联二维图如图 4 所示。从图中可以看出, Si探测器增益在该设置时, 从它与CsI(Tl)探测器低增益端的 $\Delta E-E$ 能谱可以清晰分辨出 C-Ar 离子, 但是没有看到低于 C 的离子, 因此, 设置在该增益值时, 不能覆盖整个离子种类鉴别需求。此外, 在图中没有看到高于 Ar 的重离子, 是由于使用的 5.1 mm 厚的 Al 降能片阻挡了更重的离子穿透, 因此, 对于较重的离子, 只能利用测量的现有离子进行外推得到。图中每一条曲线代表了一种目标离子。

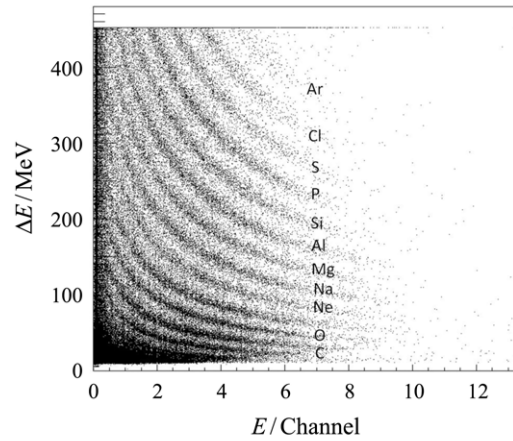


图 4 $\Delta E-E$ 能量关联图(E 探测器低增益端, Si主放增益为1)

为了得到更轻 Z 的离子鉴别谱图, 将Si探测器的主放增益调整为 10 倍, 其与 E 探测器高增益端的二维能谱图如图 5 所示, 从图中可以看出, 出现了 4 种新的轻离子, 这样便可以实现轻 Z 离子的测量。

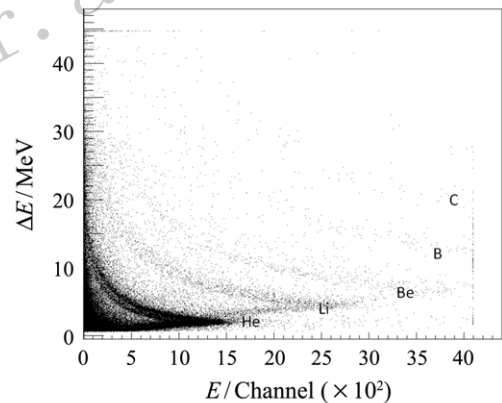


图 5 $\Delta E-E$ 能量关联图(E 探测器高增益端, Si主放增益为10)

3.3 CsI光输出结果讨论

已有的研究表明, CsI(Tl)的信号幅度与能量的关系不是线性的, 重离子在CsI探测器中的光输出量 $L(E, A, Z)$ 与重离子在CsI中的能损值 E 之间的关系近似满足经验公式^[11-14]:

$$L(E, A, Z) = a_0 + a_1 \left[E - a_3 A Z^2 \ln \left(\frac{E + a_2 A Z^2}{a_2 A Z^2} \right) \right], \quad (1)$$

其中 A 为核素质量数, Z 为核素的电荷量, a_0, a_1, a_2, a_3 分别为拟合参数。选取了不同质量区域的 6 组核素, 并利用欧洲核子中心(CERN)开发的数据分析工具 ROOT 软件来进行实验数据拟合分析^[15]。首先从实验数据中提取出不同能量的重离子击中CsI晶体时的光

输出量, 并计算出相应的能损值进行刻度。拟合发现大部分实验数据都有很好的拟合效果, CsI 光输出与能量刻度及相应的拟合系数如图 6 所示。

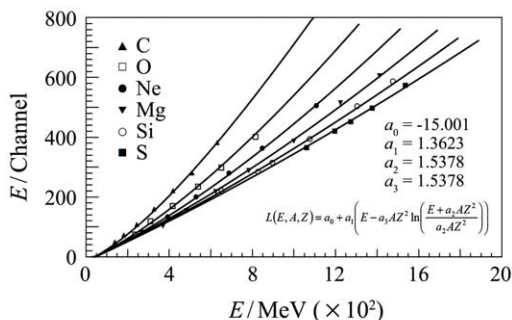


图 6 CsI 光输出与能量间的刻度关系曲线图

通过上述拟合参数可以计算得到 Fe 离子的光输出与能量间的刻度关系曲线图, 结果如图 7 所示。

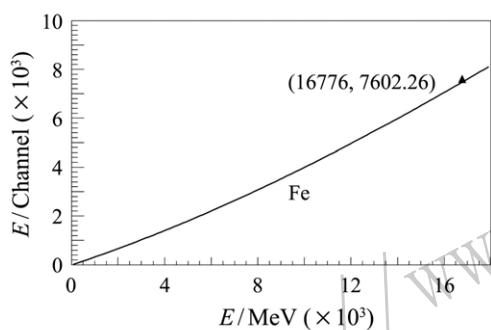


图 7 计算得到的 Fe 离子光输出与能量间的刻度关系曲线图

对于 300 MeV/u Fe 离子, 在探测器中全沉积的能损为 16 772 MeV, 通过能损与电子学 ADC 道数的关系, 可以推算出在该能损时, 其对应光输出量 L 的电子学通道数为 7 602, 这时所对应的主放输出电压幅度为 7.42 V 而专用设计的主放输出电压的幅度范围为 0~10 V, 该值在设计要求的电压幅值范围内。因此, 可以得知, 此望远镜探测器系统能够很好地覆盖整个指标中的动态范围需求。

3.4 Si 探测器的后续电路研究

受限于 SPORT 计划预研项目的经费, 硅探测器电子学部分的小型化设计仅通过标准 NIM 电子学插件搭建替代方案完成验证。但值得指出的是, 在中国火星探测项目预研中, 采取了与此 SPORT 计划预研项目类似的小型化的大动态范围 Si 探测器电子学读出设计方案, 虽然两者的指标需求有所不同, 但都对大动态范围测量提出了需求。研制的小型化后的实物图如图 8 所示, 利用该小型化电路, 可以达到 $\sim 6 \times 10^3$ 倍的动态范围的覆盖, 这同样满足 SPORT 计划预研项目的指标需求。因

此, 火星探测预研项目中的电子学小型化设计与测试间接验证了 SPORT 计划预研项目中利用 NIM 电子学搭建替代设计方案的可行性与可靠性。



图 8 (在线彩图) 前端电子学小型化设计后的实物图片

4 总结

为实现 SPORT 计划中重离子能量仪对能量为 8 ~ 300 MeV/u 种类为 $2 \leq Z \leq 26$ 的重离子的鉴别与测量需求, 结合实际条件, 成功设计并研制出了一套由 Si 半导体、正六边体的 CsI(Tl) 探测器及专用实现大动态范围测量的读出电子学组成的望远镜探测器系统。在研制过程中, 对不同的探测器读出器件与包装材料进行了测试, 并对探测器的安装工艺进行了探索, 最后通过 HIRFL-CSR 上的治癌终端对整个样机进行了在束测试。测试结果表明, 所研制的探测器样机及其电子学读出方案, 完全满足 SPORT 计划中的重离子能量仪的物理指标需求。因此, 该样机的方案设计与原理样机研制及其关键技术的顺利攻关, 为 SPORT 将来工程立项开启了很好的开端, 也为支撑 SPORT 工程后续工作或其类似相关空间探测计划 (如中国火星探测工程) 奠定了良好的技术基础。

参考文献:

- [1] WU Ji. Engineering Science in China. 2008, **6**: 23. (in Chinese) (吴季. 中国工程科学, 2008, **6**: 23.)
- [2] WU Ji, SUN Weiyang, ZHENG Jianhua, et al. Advances in Space Research, 2011, **48**: 943.
- [3] WU Ji, CHANG Jin. J Jpn Soc Microgravity Appl. 2005, **22**: 4.
- [4] HASSLER D M, ZEITLIN C, WIMMER-SCHWEINGRUBER R F, et al. Space Sci Rev, 2012, **170**: 503. doi: 10.1007/s11214-012-9913-1.
- [5] POSNER A, HASSLER D M, MCCOMAS D J, et al. Advances in Space Research, 2005, **36**(8): 1426.
- [6] Si PIN photodiode S3204-08[EB/OL]. [2015-10-20] <http://www.hamamatsu.com/jp/en/product/category/3100/4001/4103/S3204-08/index>.

- [7] CHEN Ruofu, FAN Ruirui, XU Hushan, *et al.* Atomic Energy Science and Technology 2008, **42**(7): 650. (in Chinese) (陈若富, 樊瑞睿, 徐瑚珊, 等. 原子能科学技术, 2008, **42**(7): 650.)
- [8] LISE++ [EB/OL]. [2015-10-20] <http://lise.nslc.msui.edu/lise>.
- [9] Tyvek[EB/OL]. [2015-10-20] <http://www.dupont.com/content/dam/assets/products-and-services/construction-materials/assets/SPEC-31 - Physical Properties Data Sheet-DuPont Tyvek HomeWrap.pdf>.
- [10] Enhanced Specular Reflector(ESR)[EB/OL]. [2015-10-20] <http://multimedia.3m.com/mws/media/4967180/vikuiti-enhanced-specular-reflector-esr.pdf?fn=ESR.pdf>.
- [11] FOMICHEVA S, DAVIDI, LUKYANOV S M, *et al.* Nucl Instr and Meth A, 1994, **344**: 378.
- [12] LAROCHELLE Y, BEAULIEU L, DJERROUD B, *et al.* Nucl Instr and Meth A, 1994, **348**: 167.
- [13] AVDEICHIKOV V, JAKOBSSON B, NIKITIN V A, *et al.* Nucl Instr and Meth A, 2001, **466**: 427.
- [14] WU Dapeng, ZHANG Xueheng, YANG Yanyun, *et al.* Nuclear Techniques, 2009, **32**(7): 550. (in Chinese) (武大鹏, 章学恒, 杨彦云, 等核技术, 2009, **32**(7): 550.)
- [15] ROOT Mathematical Libraries[EB/OL]. [2015-10-20]. <https://seal.web.cern.ch/seal/MathLibs/Minuit2/html/>.

Development of a Large Dynamic Range Si-CsI(Tl) Telescope Detection System for a Space Heavy Ion Identification and Measurement

FANG Fang^{1,2}, YUE Ke², SUN Zhiyu^{2,†}, QIAN Yi², YU Yuhong², YAN Duo², WANG Shitao², ZHANG Xueheng², TANG Shuwen², CHEN Junling², ZHOU Yong^{2,3,4}, SUN Yu^{2,3,4}, WANG Zhaomin^{2,3}, SUN Yazhou^{2,3}

(1. University of Science and Technology of China, Hefei 2300262, China;

2. Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

4. Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Solar Polar Orbit Radio Telescope (SPORT) project, aimed at solar activities and solar atmosphere, is a satellite-borne apparatus which is composed by many sub-payloads and is under development in China. High Energy Heavy Ion Telescope (HEHIT) is one of most key sub-payloads in this project, and the main purpose of HEHIT is to identify space heavy ions ($2 \leq Z \leq 26$) with a broad energy range ($8 \sim 300$ MeV/u). In this paper, a prototype telescope of HEHIT, which includes a silicon detector, a CsI(Tl) crystal with regular hexagonal incident plane and customized electronic system, has been developed in the Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences (IMP, CAS). To obtain the performance of the prototype telescope, this telescope was tested with high quality beams provided by the accelerator of Heavy Ions Facility and Cooler-Storage-Ring in Lanzhou (HIRFL-CSR). The heavy ions ranging from $Z = 2$ to $Z = 18$ were clearly identified and measured from the beam test and an extrapolation was also done reasonably and it showed that the prototype detector could meet the requirement of t Fe($Z = 26$) with energy up to 300 MeV/u. In a word, this prototype telescope could satisfy the requirements of the measured heavy ions in the future SPORT project and this scheme of telescope will provide a favorable technique in the future design and construction of HEHIT.

Key words: large dynamic range; ΔE - E telescope; heavy ion identification; CsI(Tl) crystal calibration

Received date: 28 Jun. 2016; **Revised date:** 28 Jul. 2016

Foundation item: National Natural Science Foundation of China(11405242, 11575269); Youth Innovation Promotion Association of the Chinese Academy of Science(2015342)

† **Corresponding author:** SUN Zhiyu, E-mail: sunzhy@impcas.ac.cn.