

The Luminosity Measurement of the CEPC and ATLAS with the LGAD

樊云云¹, 梁志均¹, 李梦朝¹, 赵梅¹, M. Bruschi², João Guimarães da Costa¹

¹中国科学院高能物理研究所

² INFN (Bologna) Italy

介绍

未来高亮度大型强子对撞机 (HL-LHC) 升级后, 亮度测量的不确定度需要控制在1%以内。run2使用的金刚石探测器辐照后性能下降, 不能完成亮度准确测量。高能所设计的一款低增益雪崩探测器 (LGAD) 可在大剂量 ($2.5 \times 15 \text{ Neq/cm}^2$) 辐照后仍保持良好的信噪比, 因此被ATLAS选中, 代替金刚石探头进行亮度测量。目前LGAD技术也尝试应用于未来正负电子对撞机的快速束流监测上, 以保证其亮度测量的准确及物理潜力的实现。

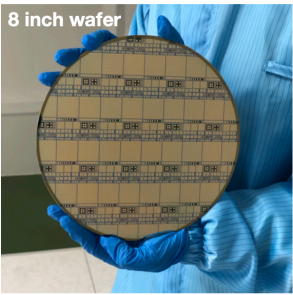
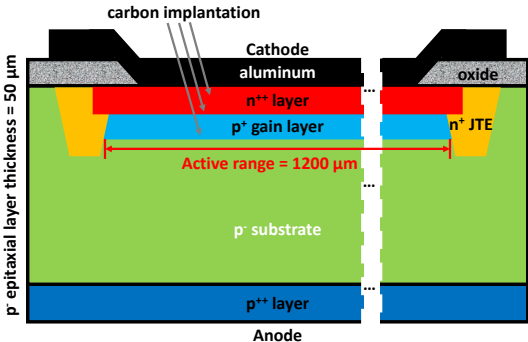
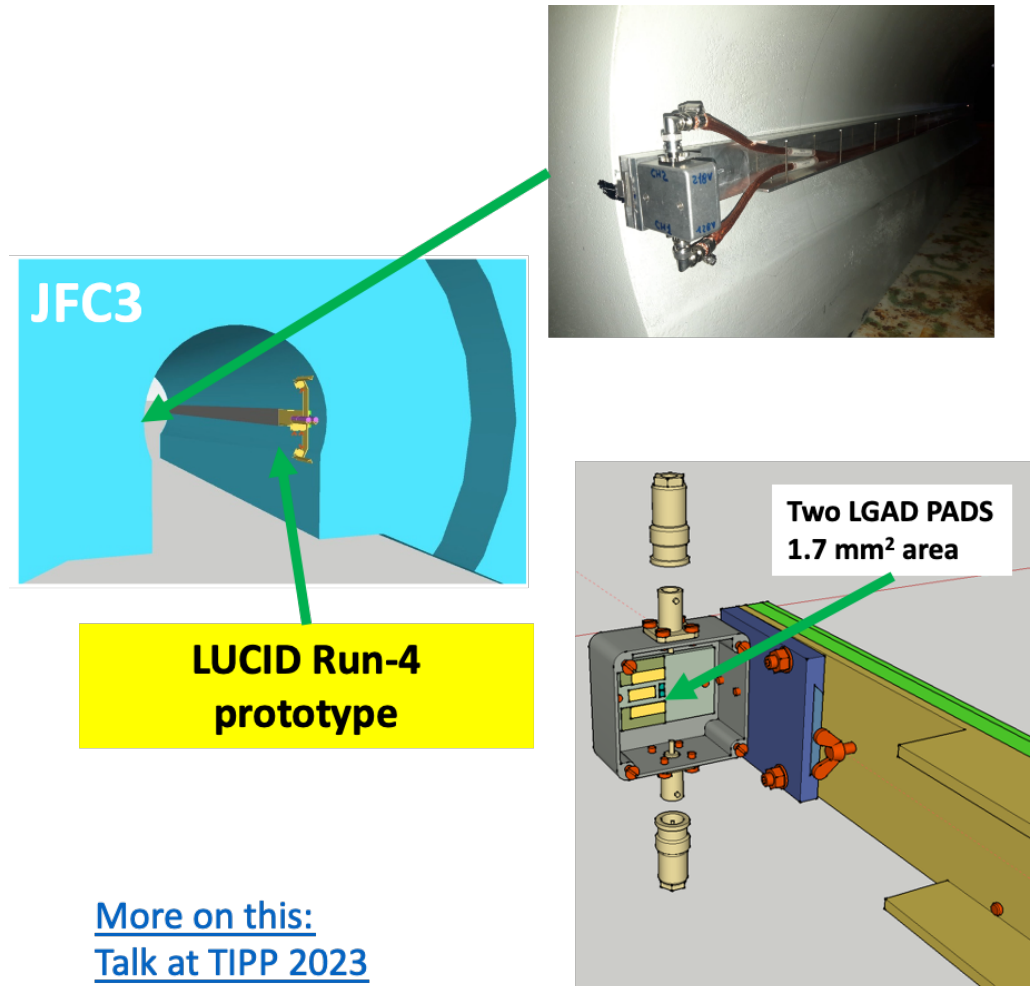


Figure 1: (left) Sketch of the LGAD structure (not to scale), (right) IHEP-IME LGAD sensor which could survive after $2.5 \times 15 \text{ Neq/cm}^2$ irradiation .

ATLAS 亮度测试新系统BMA安装及实验

ATLAS的亮度测试采用多套系统互相校正的策略, 以保证最终亮度测试的不确定性小、线性度好及稳定性高。其中一套为HL-LHC run4 特别设计的亮度探测系统叫做ATLAS束流监测探测器 (Beam Monitor for ATLAS, BMA), 安装于2022年。主要是为了应对HL-LHC升级后亮度升级带来更多的一次对撞事例数 ($\mu 60 \rightarrow 200$) 带来的亮度测量挑战。BMA安装在ATLAS实验前端屏蔽体JFC3处, 探头采用了两个IHEP-IME LGAD 传感器 (1.7mm^2)。具有易于每年更换和不需要额外散热设备的优点。BMA在run3 取数过程中进行了性能测试。



[More on this:](#)
[Talk at TIPP 2023](#)

Figure 2: ATLAS 亮度测试探测器BMA安装示意图。

CEPC 快速亮度探测器设计

CEPC的亮度测试需要快速的给出亮度的信息以便快速判断束流对撞质量及给出调整信息。根据模拟知道CEPC亮度的主要信号来自Barbar反应, 为GeV的电子, 在束流管两侧分布不对称, 且在10m位置处, 会与束流方向以1mrad夹脚穿出束流管道。且信号强度高于背景电子两个数量级以上。因此, 为了进行亮度的快速监测, 计划将LGAD安装在束流管10m处, 与束流方向为1mrd 夹脚, 且两侧对称放置, 如图5所示。采用LGAD超快皮秒独处的特性, 实时快速束处束流的密度, 即采用超快电子学测量信号电子数量, 给出超快束流亮度信息。

BMA亮度测试性能试验结果

如图3和4, 在2022年和2023年的束流实验后, BMA具有优良的线性度及稳定性。经过增益下降修正后, 使用了IHEP-IME LGAD的BMA的稳定性良好, 较ATLAS 的主亮度探测器之一LUCID2%以内, 且不具有mu的依赖性。在未来进一步增益退化修正后具有更高精度测量亮度的潜能。

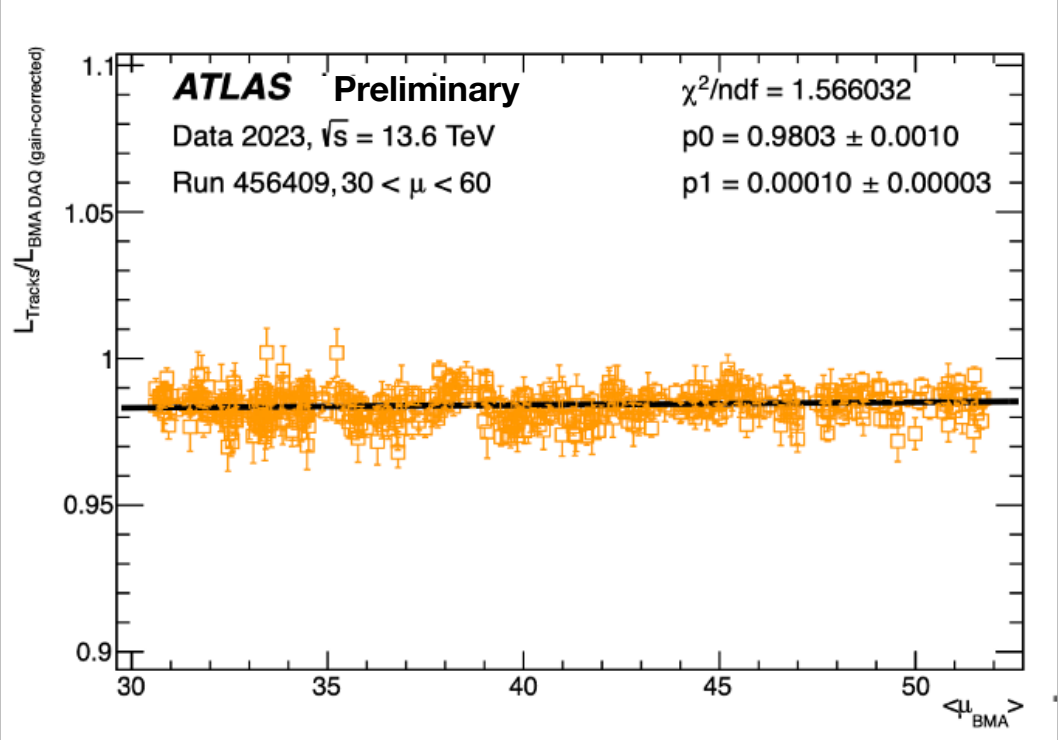


Figure 3: Mu dependence of BMA

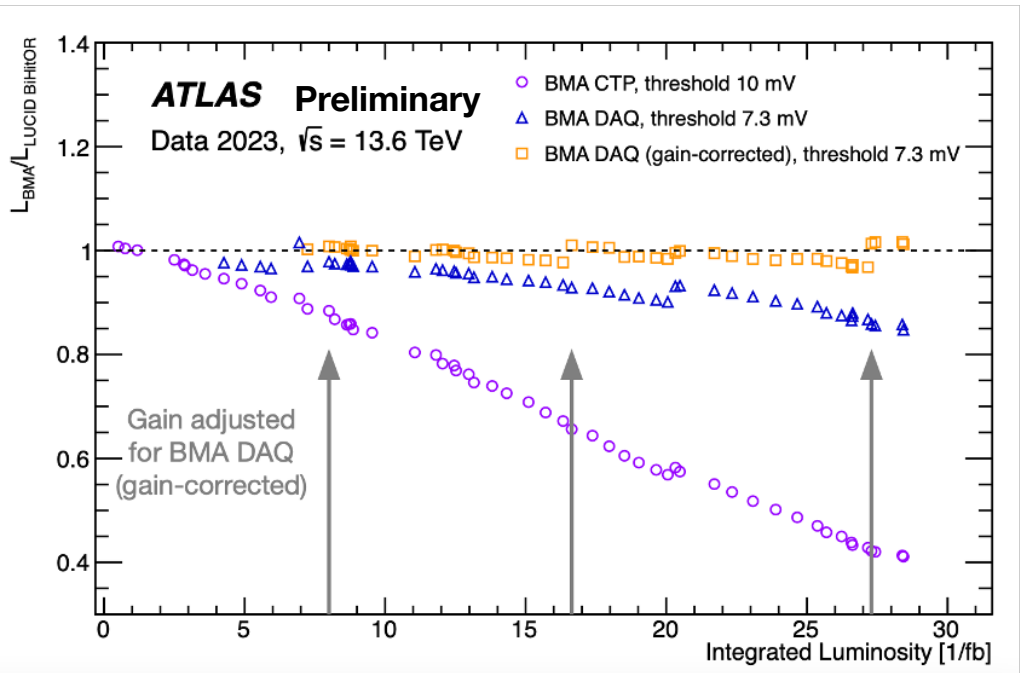


Figure 4: Ratio of the run-integrated-luminosity of BMA wrt to LUCID

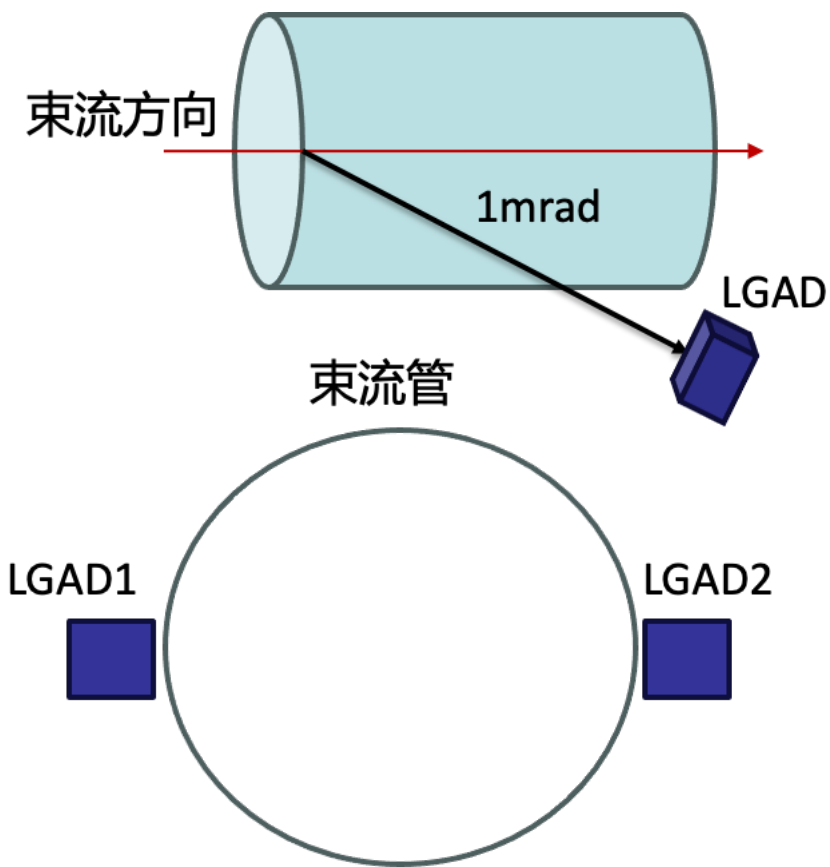


Figure 5: LGAD亮度探测器放置示意图, (up) LGAD位于 CEPC 束流方向1mrad处 (down) 两个LGAD 对称放置于束流管切面两侧