



中国科学院深圳先进技术研究院
SHENZHEN INSTITUTE OF ADVANCED TECHNOLOGY
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

高计数率环境下MRPC探测器时间 分辨率研究

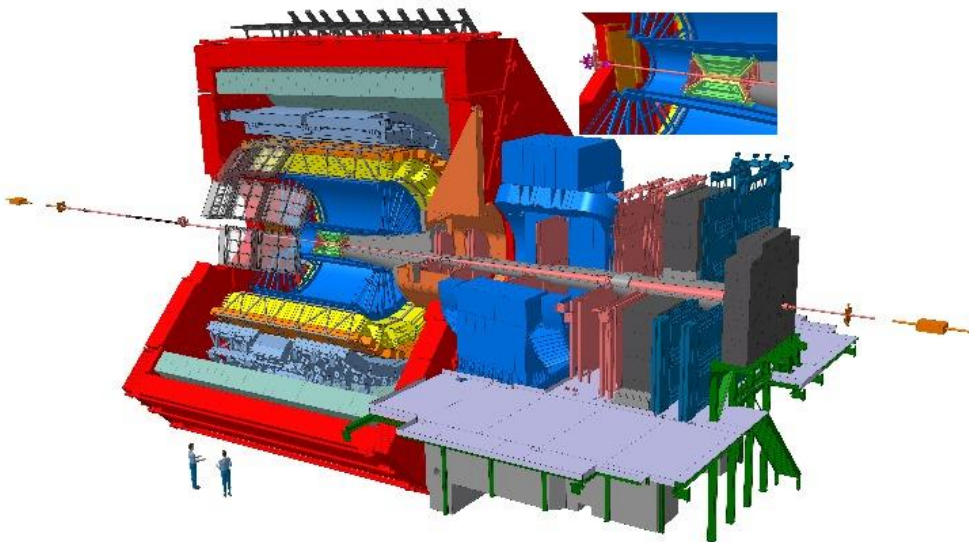
柳正

2021. 10. 23



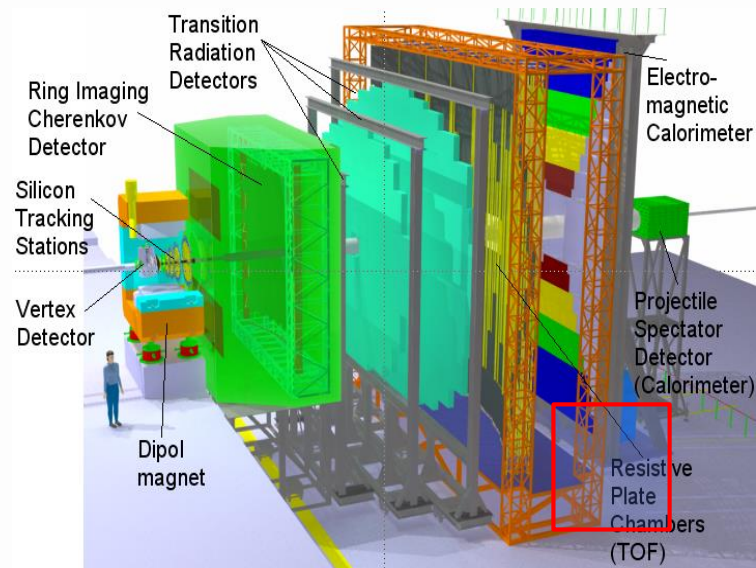
1. 研究背景
2. 高计数率高时间分辨率MRPC研制
3. 高通量束流下MRPC测试
4. 下一步计划

1. 研究背景



ALICE实验: 成功运行近10年, STAR, HADES

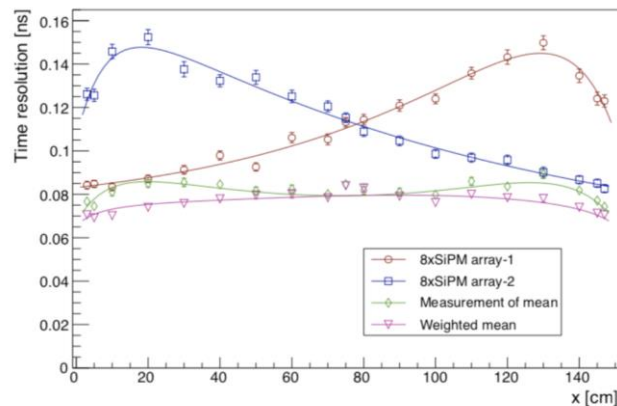
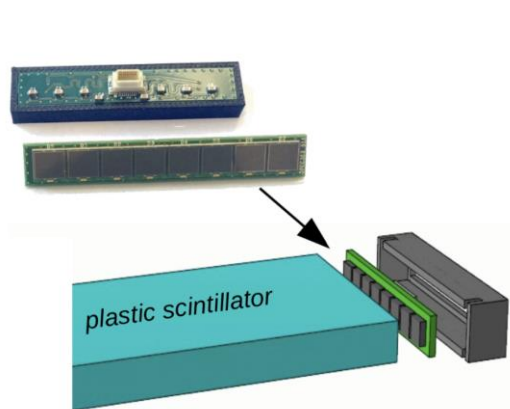
HL_LHC:ALICE detector upgrade?



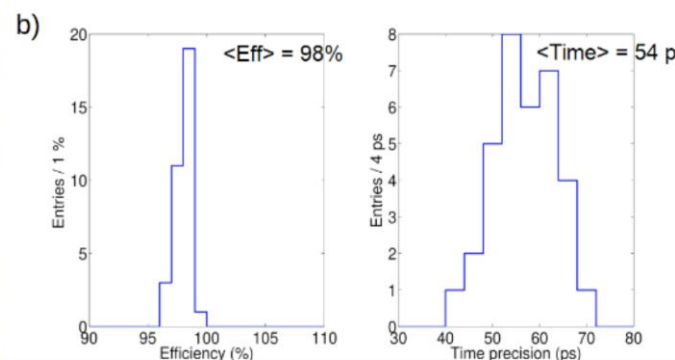
CBM(Compressed Baryonic Matter)实验

需要在高计数率环境下长时间工作 ($>10 \text{ kHz/cm}^2$) , 高效率、高时间分辨率
MRPC

1. 研究背景



~70 ps



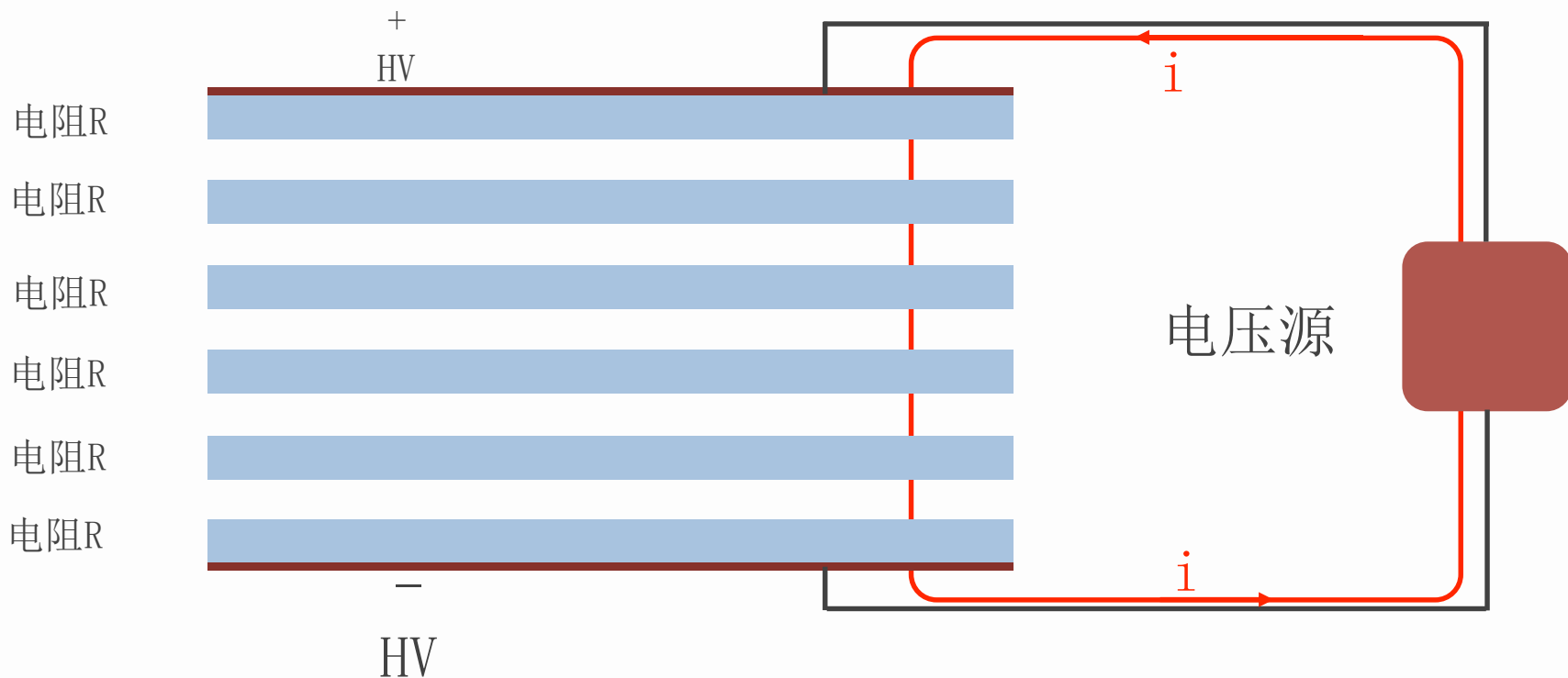
1m x 2m

54 ps

SHIP实验: 飞行时间测量样机研发

探测器性能对计数率不敏感, $\sim 1-2 \text{ kHz/cm}^2$, 高效率、高时间分辨率的大面积MRPC

2. 高计数率高时间分辨率 MRPC研制



低通量粒子环境下，探测器的电流量很小，阻性板上的电压降 ~ 0 V

高通量粒子环境下，探测器的电流量很大，阻性板上的电压降导致气隙的电场降低



影响MRPC计数率能力的主要因素是气隙中的工作电压 V_{eff} :

$$V_{eff} = V_{appl} - IR = V_{appl} - \Phi\rho d\langle Q \rangle$$

- (1) 减小电阻板厚度 d
- (2) 减小平均雪崩电荷量 $\langle Q \rangle$
- (3) 降低体电阻率 ρ

影响MRPC时间分辨率的主要因素是气隙厚度，气隙厚度减小可以提高时间分辨率。

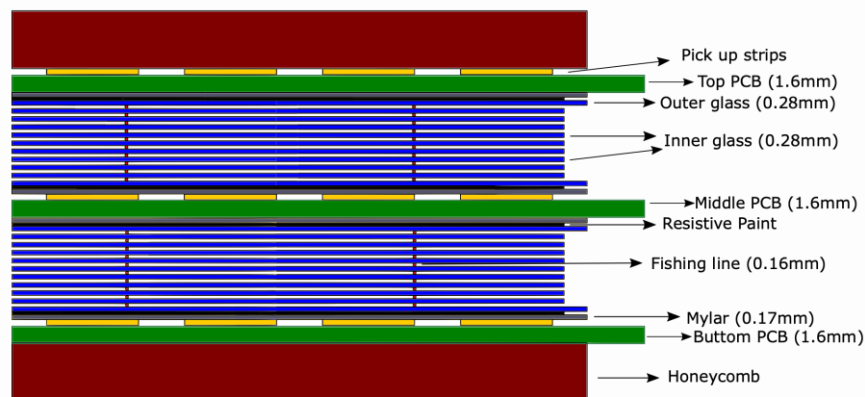
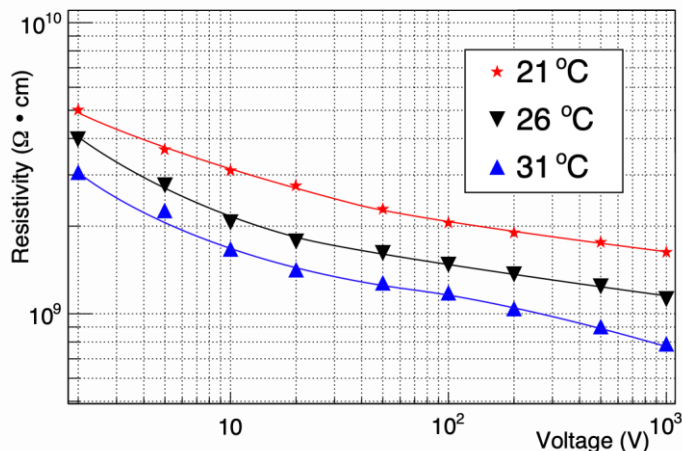
2. 高计数率高时间分辨率 MRPC研制

高计数率高时间分辨率的研究目标: 20ps, $>1 \text{ kHz/cm}^2$

1. 薄低阻率玻璃: 0.4 mm。 $\rho \downarrow$ $d \downarrow$

2. 超薄气隙厚度: 0.12 mm, 0.14 mm, 0.16 mm 薄气隙厚度带来的另一个性能改进: MRPC雪崩放大过程中产生的电荷变少, $Q \downarrow$

MRPC的粒子通量工作性能有很大提升。

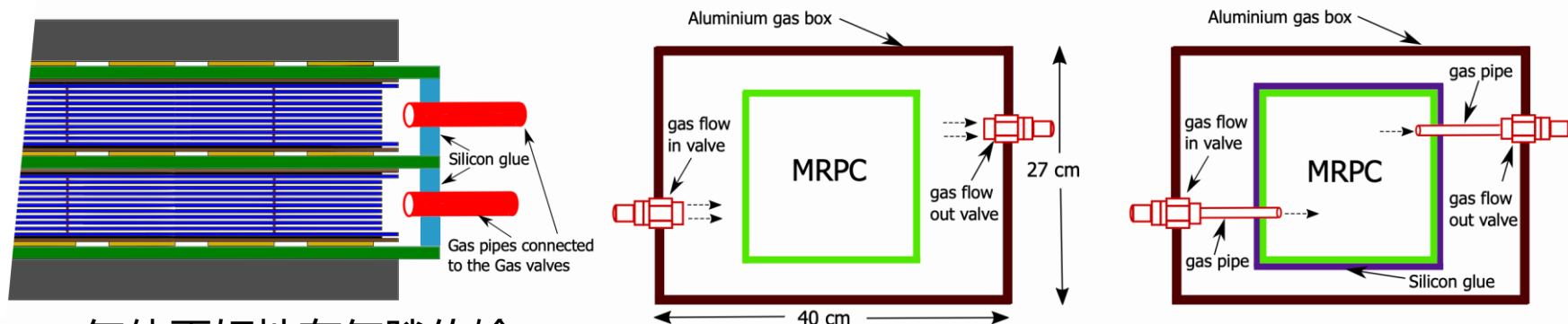


2. 高计数率高时间分辨率 MRPC研制

通过对不同气隙厚度和阻性板室气体传输的研究, 已达到

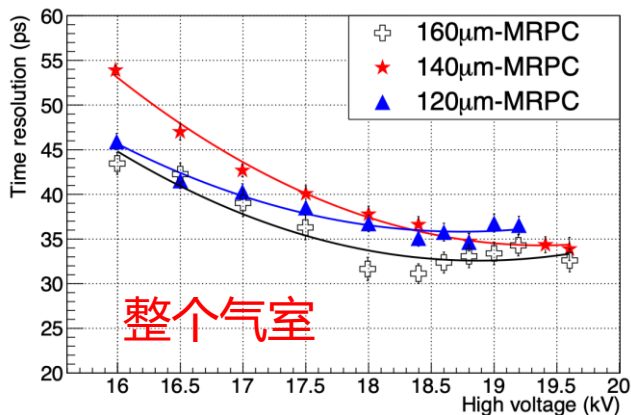
25 ps的时间分辨率,

气体传输对MRPC性能影响,
CBM合作组做了大量研究

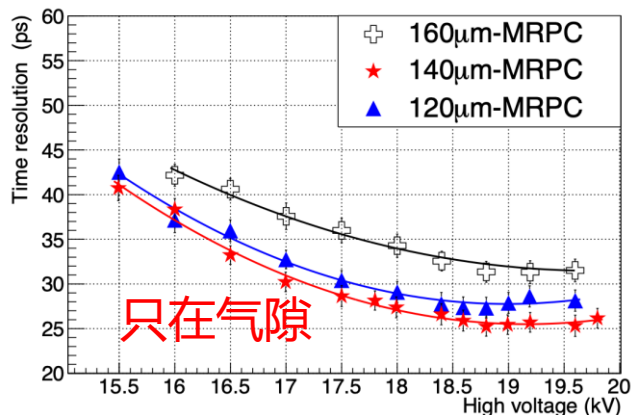


气体更好地在气隙传输

(a)

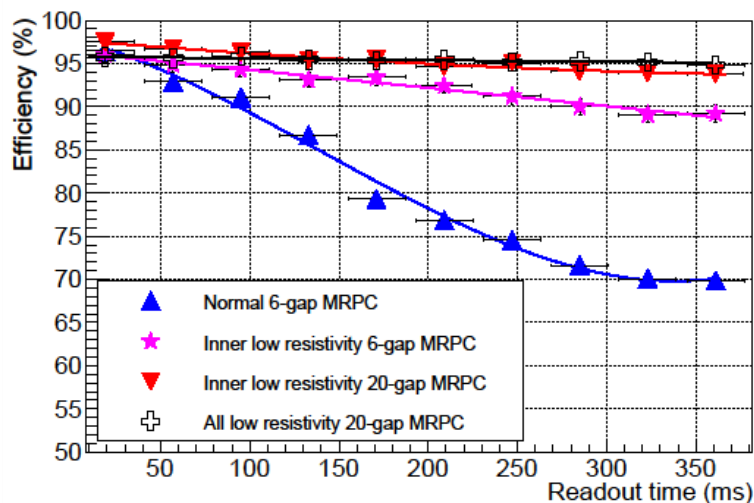
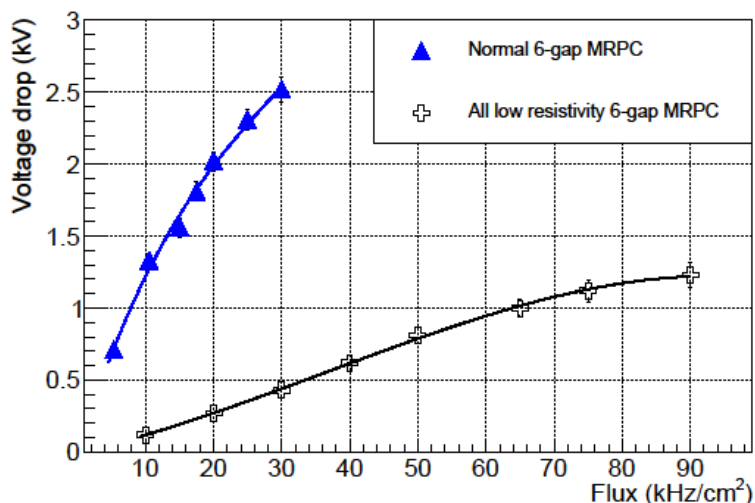


整个气室



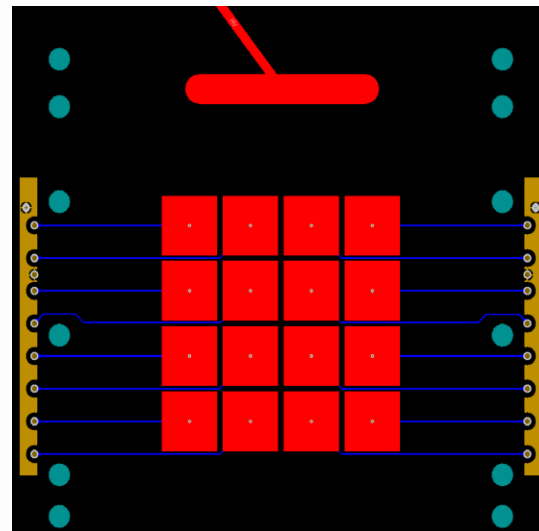
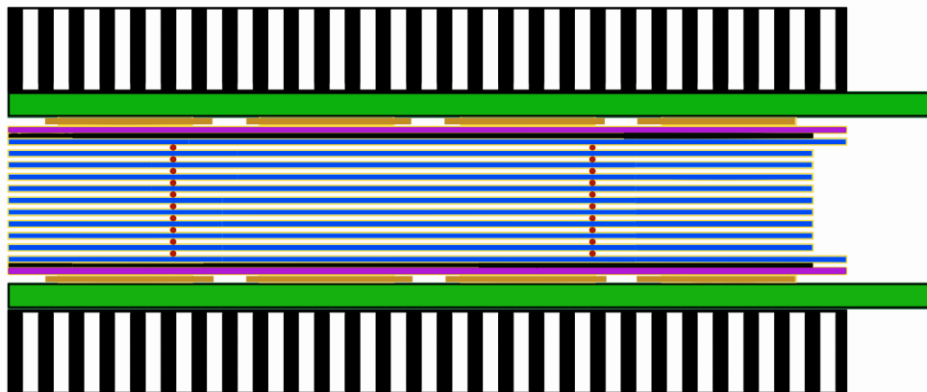
只在气隙

CERN T10束流



通过使用低阻玻璃和普通浮法玻璃制作的MRPC测试可以看到该低阻玻璃的确提高了MRPC计数率，但是T10束流本身不够理想：1.5-3cm直径束流~20cm MRPC，300 ms束流时间，间隔时间30 s。

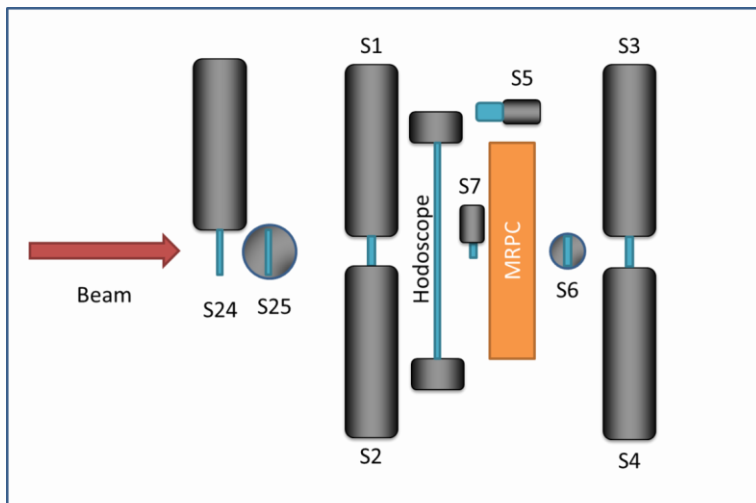
德累斯顿HZDR束流



单层MRPC。单层有 10 气隙。每个气隙 0.16 mm。

设计：4x4 PAD读出。每一个读出块为 $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ 。用NINO ASIC读出。
HZDR 电子束流为 30 MeV， $\sim 3.5\text{ cm}$ 束流直径，束流通量可调，间隔时间短。

3. 高通量束流下MRPC测试



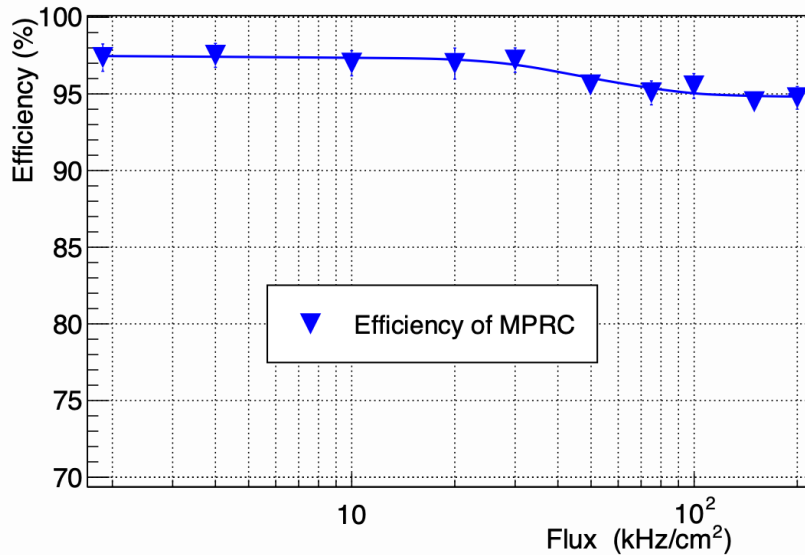
Detector Setup Top View



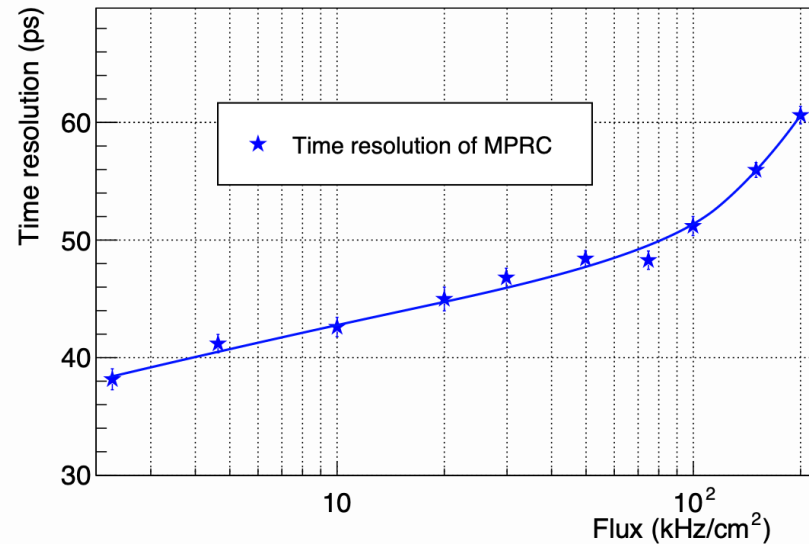
实验装置图，束流装置的参考时钟信号分辨率为35 ps



3. 高通量束流下MRPC测试

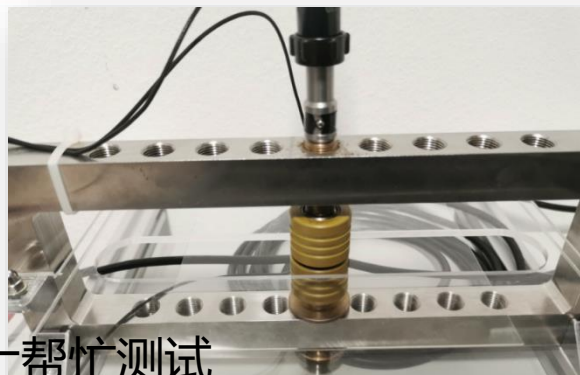


探测效率变化, 相对较小

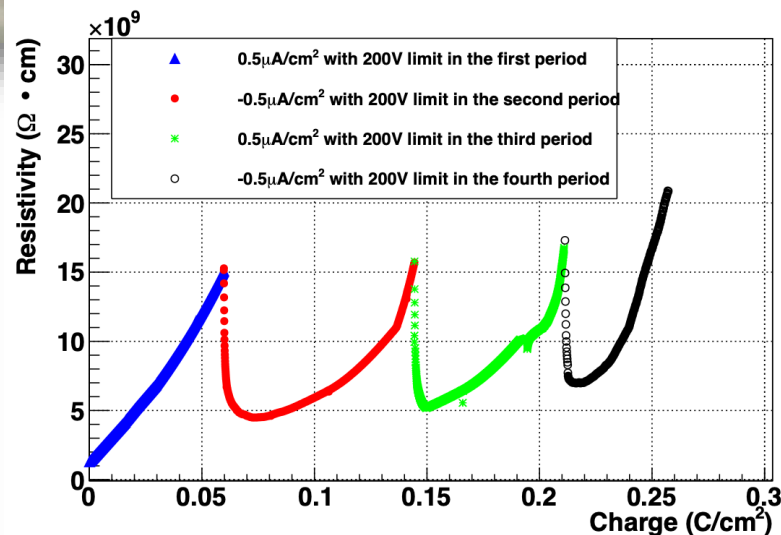
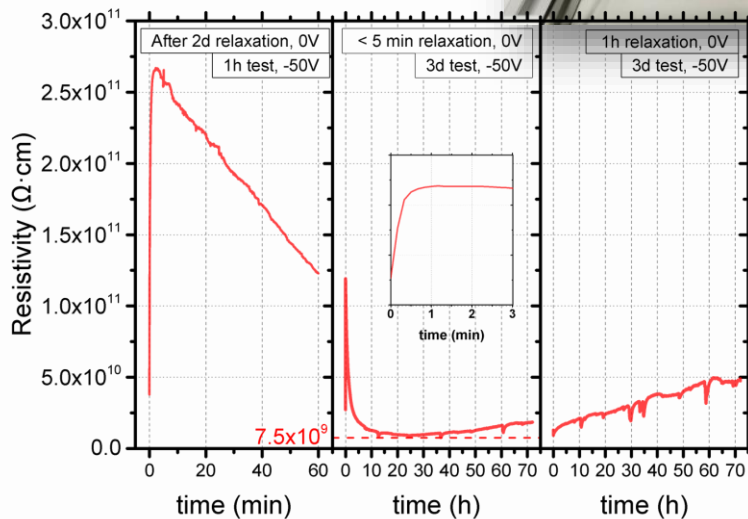


时间分辨率变化, 相对较大

3. 高通量束流下MRPC测试



HZDR 樊星明博士帮忙测试



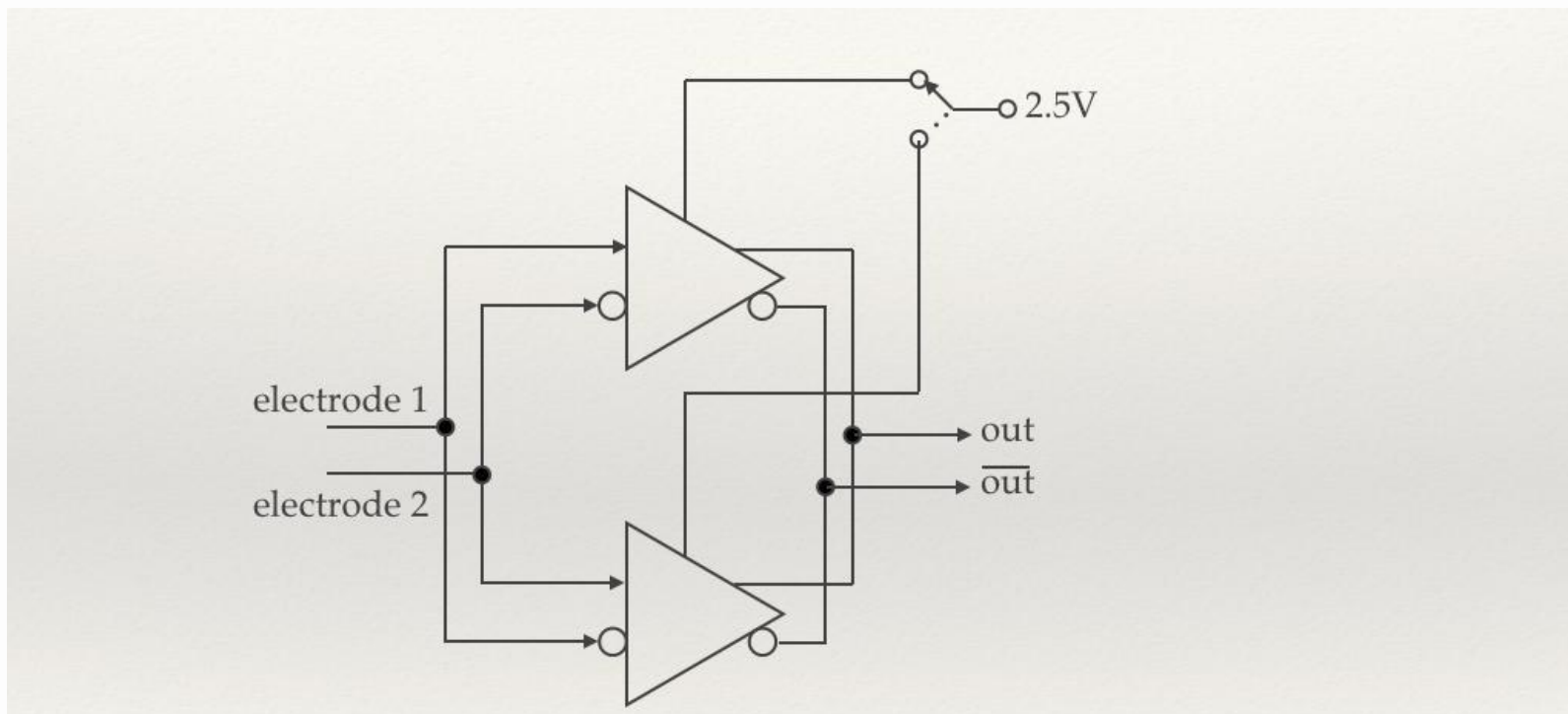
该低阻玻璃在长时间电流通过后，电阻变高，但在反向电流后电阻再次降低。



4. 下一步计划

1. 大面积MRPC制作及测试。
2. 需要进行该低阻玻璃MRPC在高计数率环境下的老化测试。
3. MRPC反复高压极性翻转条件下性能测试。
4. 电子学设计。

双极性电子学?



Thank You



中国科学院深圳先进技术研究院
SHENZHEN INSTITUTE OF ADVANCED TECHNOLOGY
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES