



申忱迪
导师：王义
清华大学工程物理系

12 GeV Upgrade
Future Science at Jefferson Lab

SoLID电磁量能器的研发

中国物理学会高能物理分会

第十二届全国粒子物理学术会议

中国科学技术大学，合肥，2016年8月22日-26日



清华大学

Tsinghua University

1

介绍

2

模拟

3

关键技术

4

组装

5

试验计划

6

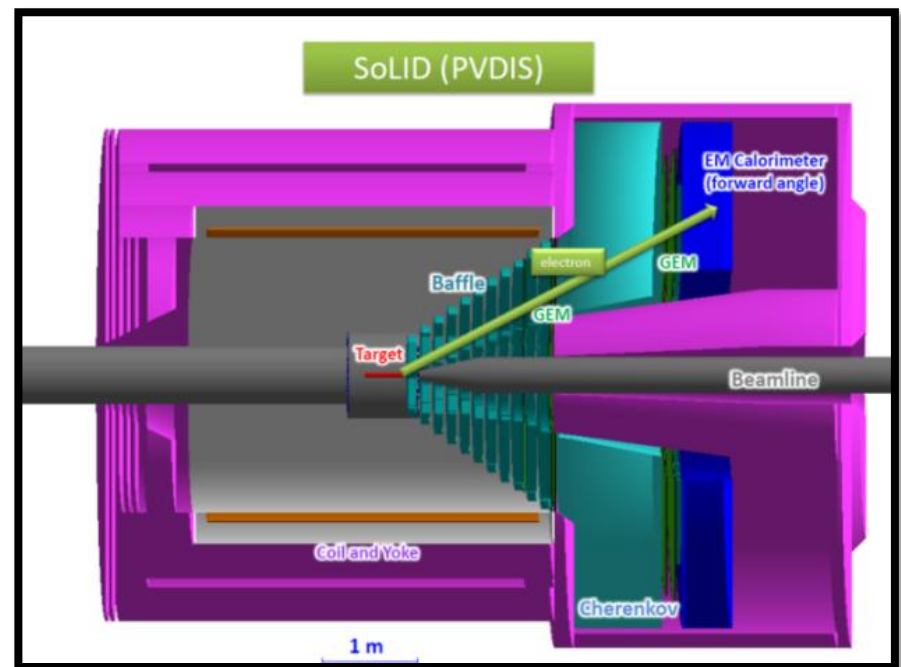
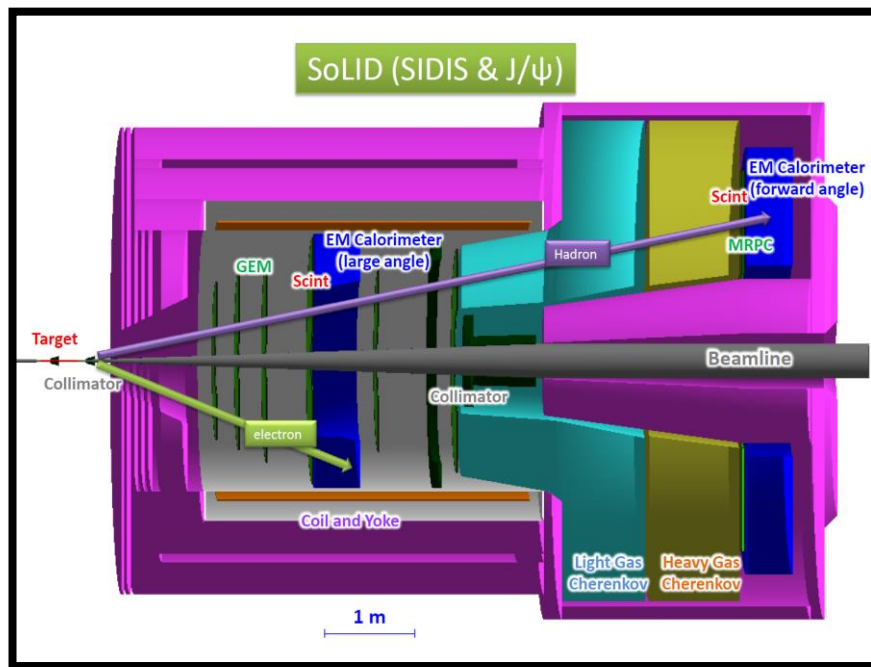
总结



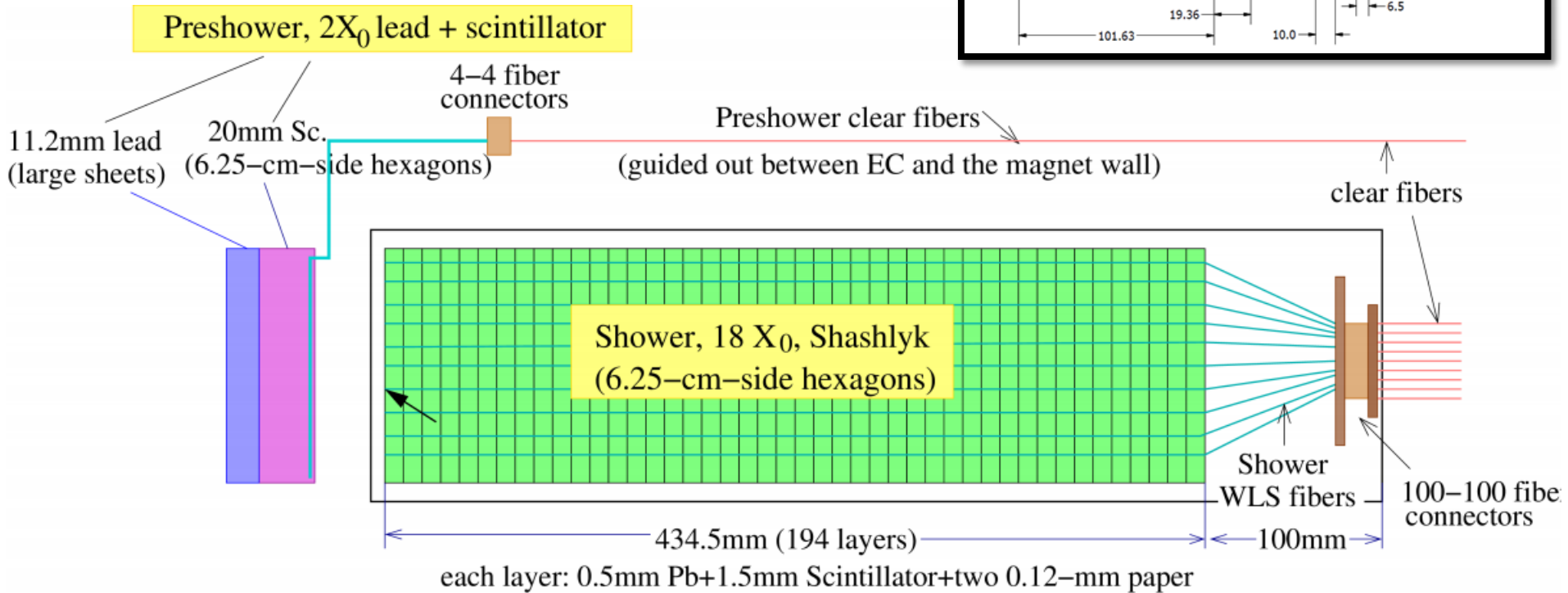
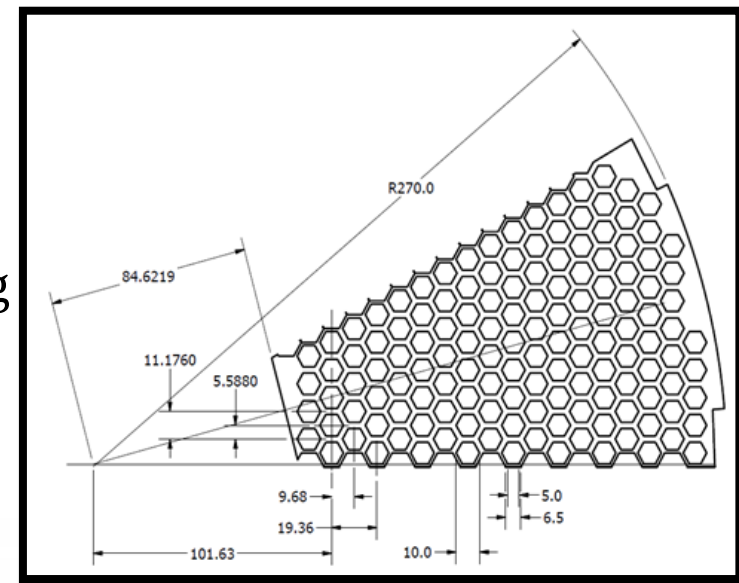
❑ SoLID: Solenoidal Large Intensity Device

High Intensity ($10^{37} \sim 10^{39} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) and,
Large Acceptance ($8 < \theta < 24$, $0 < \Phi < 360$, $1 < p_e < 7 \text{ GeV}/c$ for SIDIS)

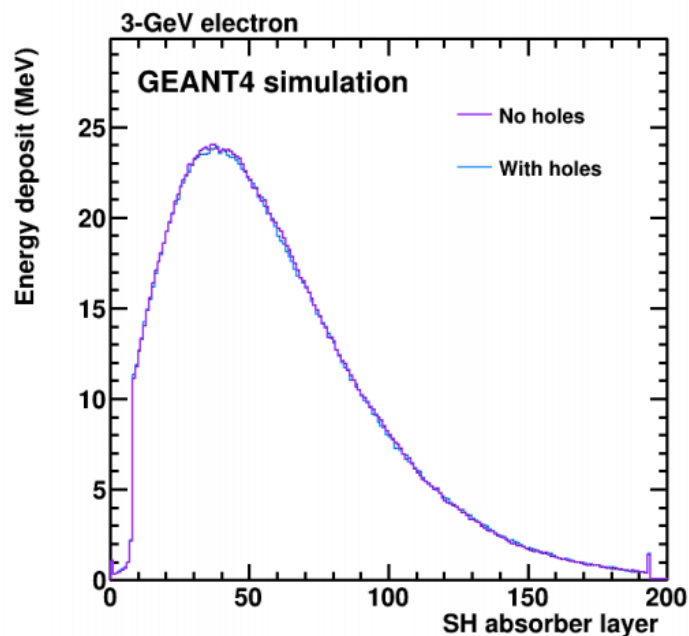
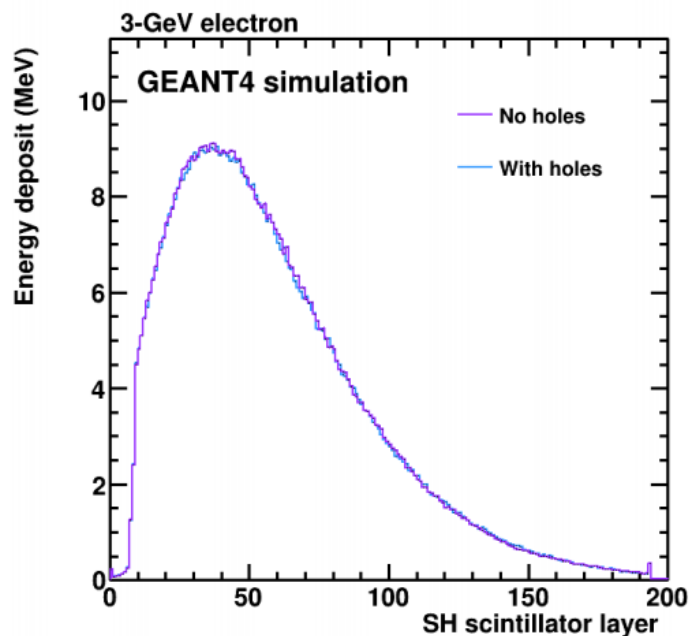
Two Configurations



- Preshower: $2X_0$ lead + 20mm scintillator
- Shower: 0.5mm lead / 1.5mm scintillator sampling
- Total length: $20X_0$ ($< 2\%$ leakage)



各层闪烁体和铅板中的能量沉积

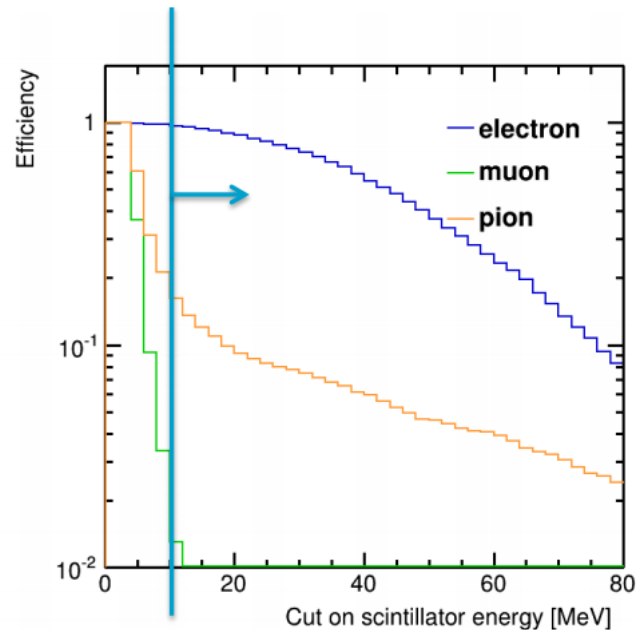
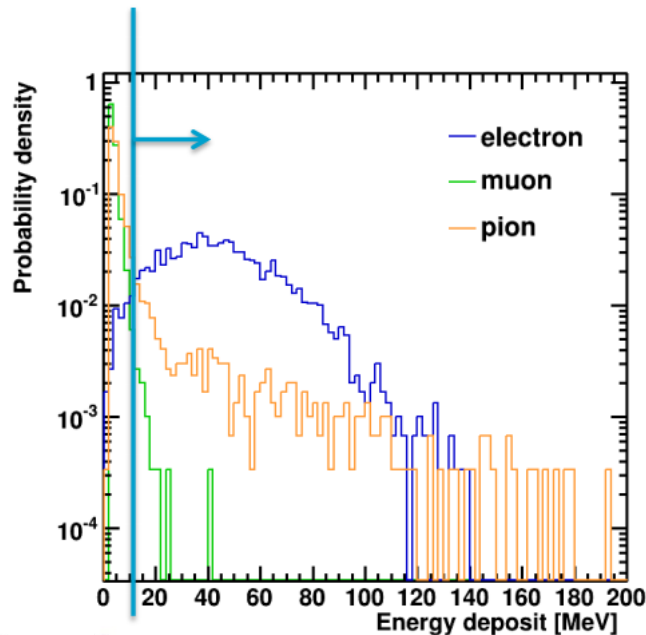


- 3GeV的电子在45层左右能量沉积最高
- 光纤孔对量能器性能的影响是有限的
- 纵向能量泄漏低



Preshower 中 π 介子的鉴别

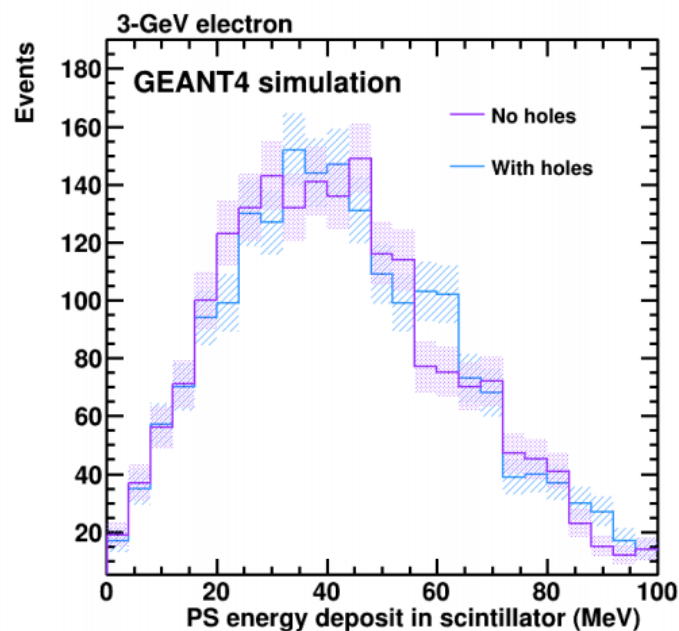
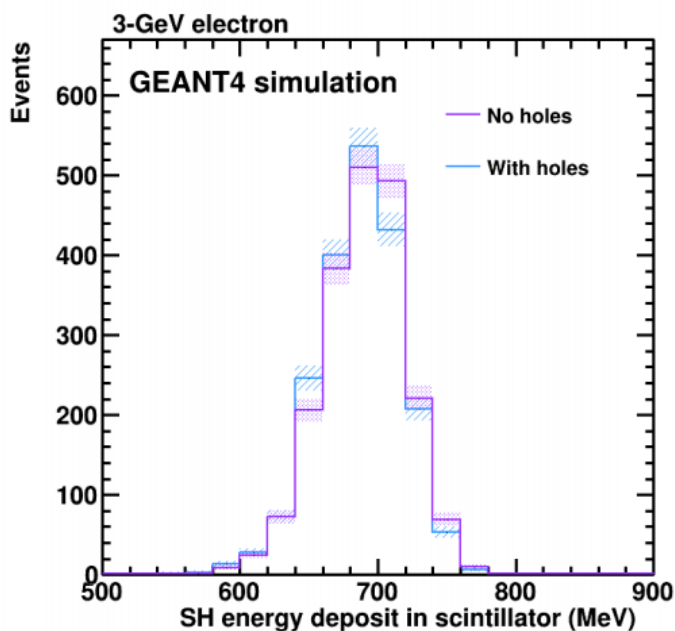
- Left: Pions and muons deposit on average less energy than electrons in the preshower scintillator
- Right: A cut on the PS scintillator energy deposit equal to 10 MeV can have an efficiency of $\sim 95\%$ for electrons while rejecting $\sim 85\%$ of pions



17



preshower 闪烁体和shower 闪烁体中的能量沉积



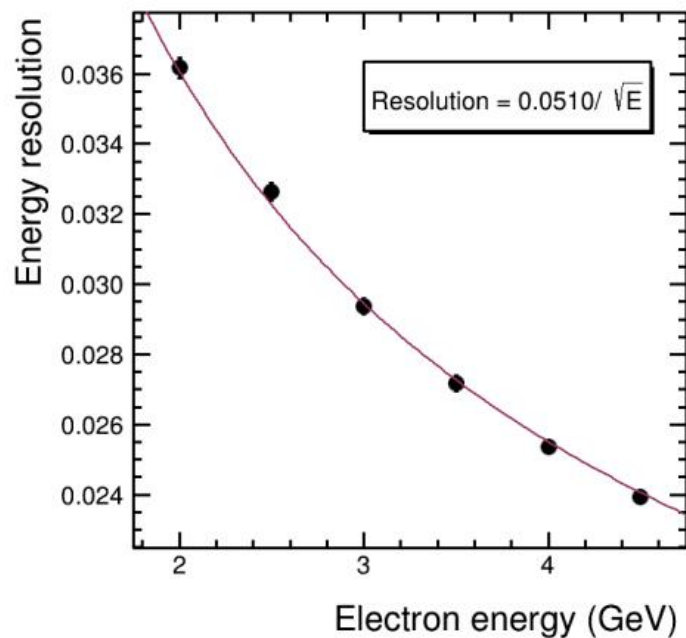
- 在闪烁体中沉积的能量占总沉积能量的27%



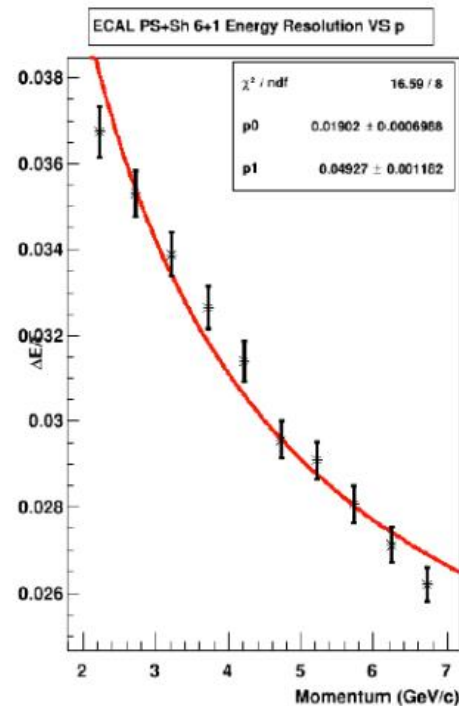
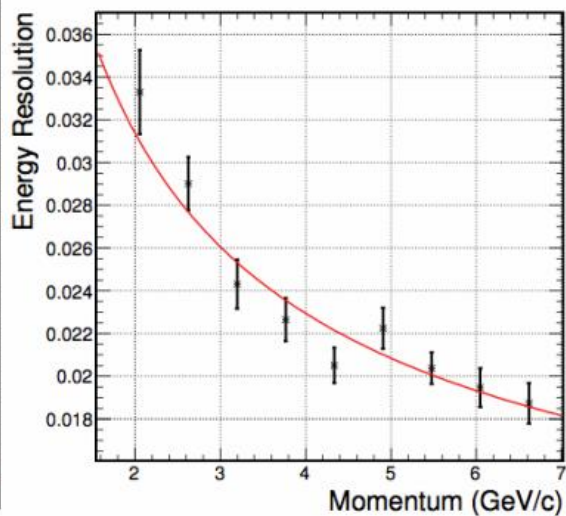
能量分辨率

Rakhita's results

My result



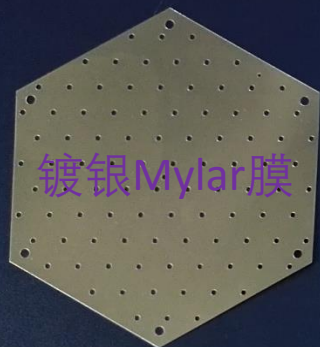
Solid pre CDR



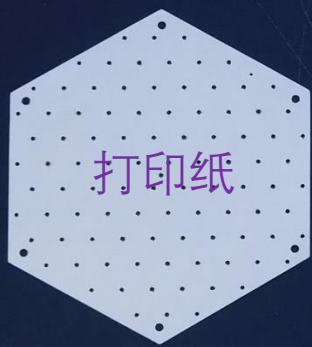
■ $\Delta E/E \approx 5\%/\sqrt{E}$

清华的模拟结果与Jlab的模拟结果符合得很好

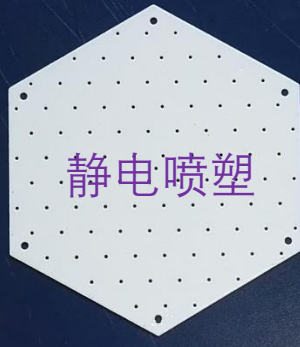




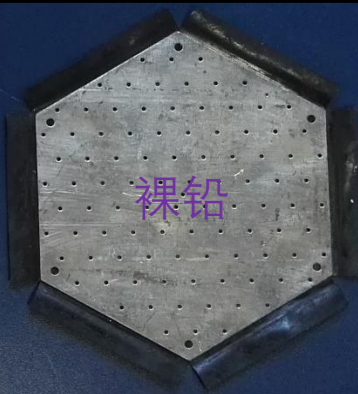
镀银Mylar膜



打印纸



静电喷塑

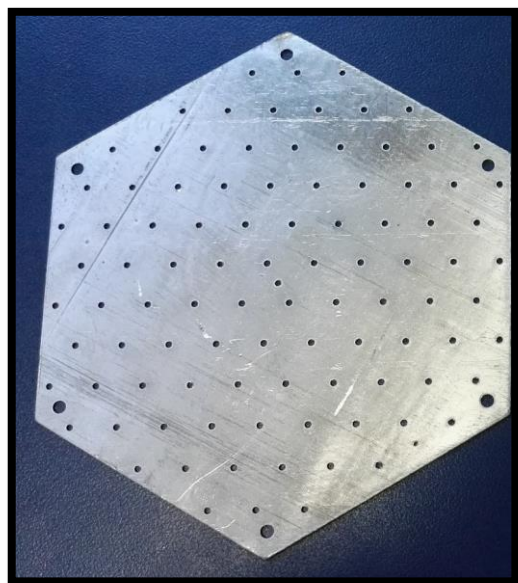


裸铅

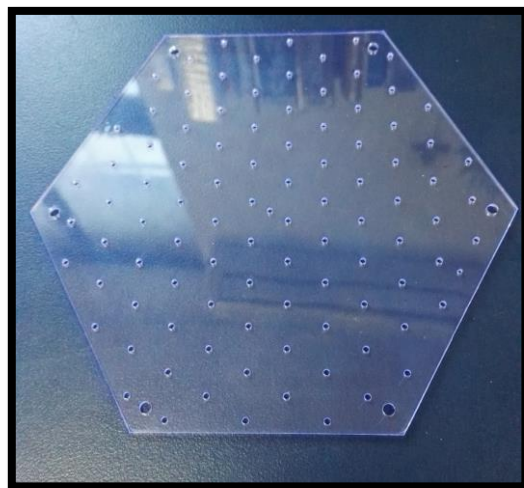


TYVEK

反射材料



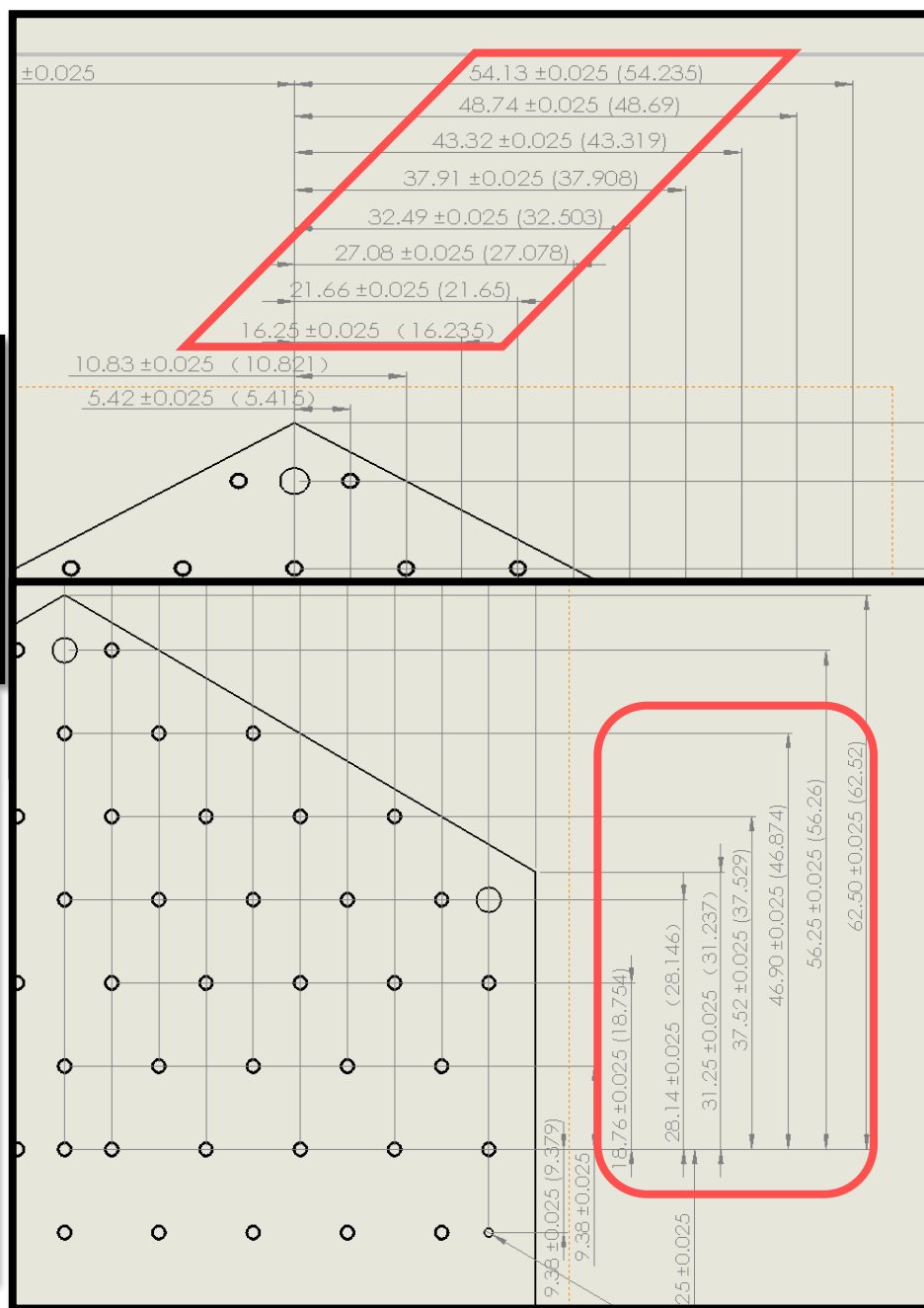
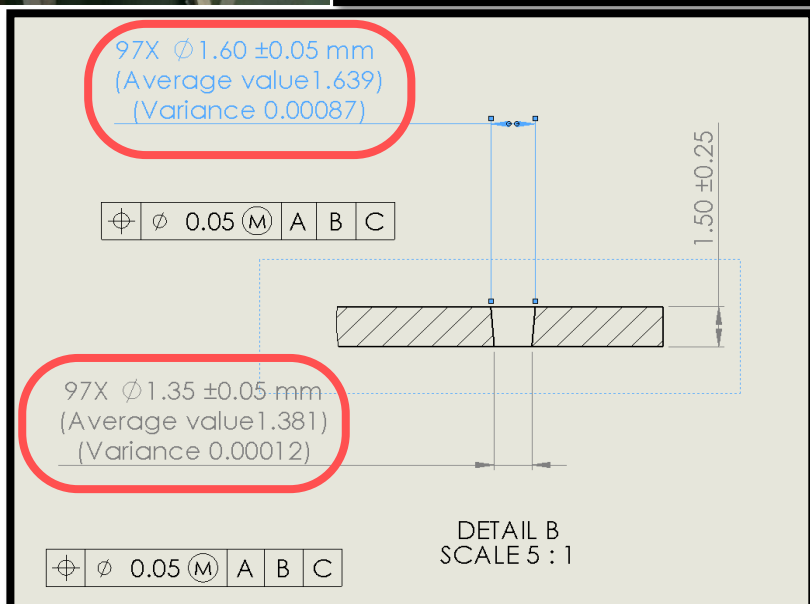
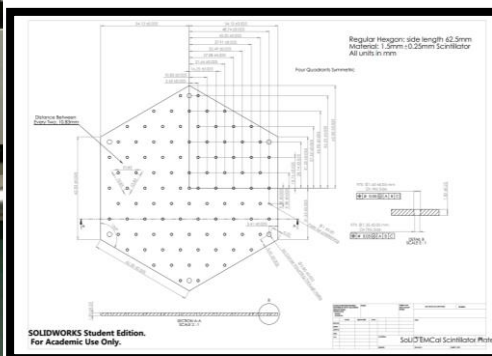
铅板



闪烁体板

- 铅板由北京佳腾公司制造
- 闪烁体由北京的两家公司分别制造
- 我们有四种反射材料，分别是Mylar膜、打印纸、静电喷塑和TYVEK.
- 每一种材料的精度都非常高

精度测试

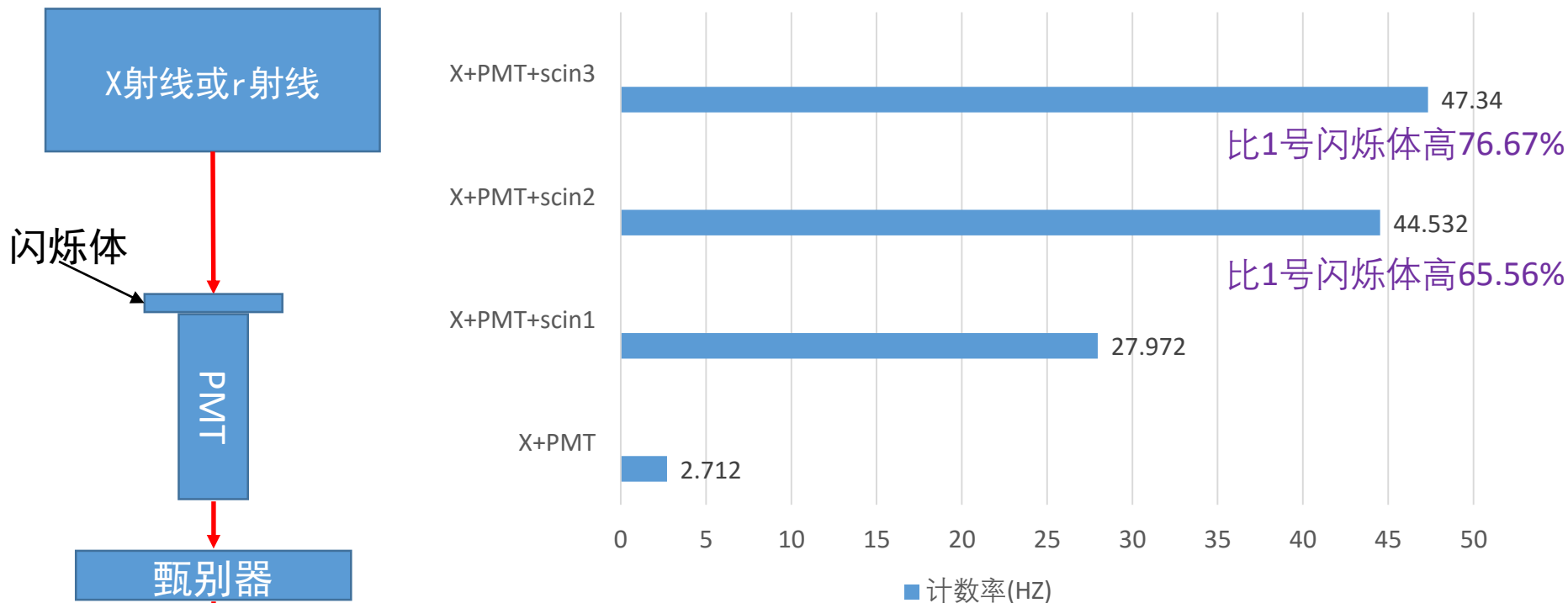


目标：尽可能高地提高光输出

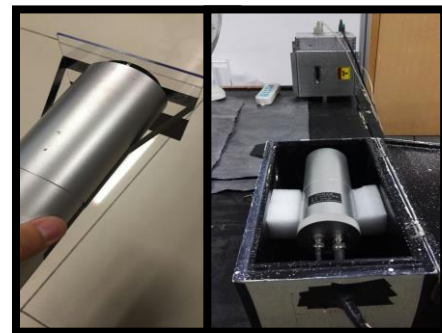
- 闪烁体的选择
- 闪烁体板与铅板之间漫反射材料的选择
- 波长转换光纤端部镜面反射材料的选择



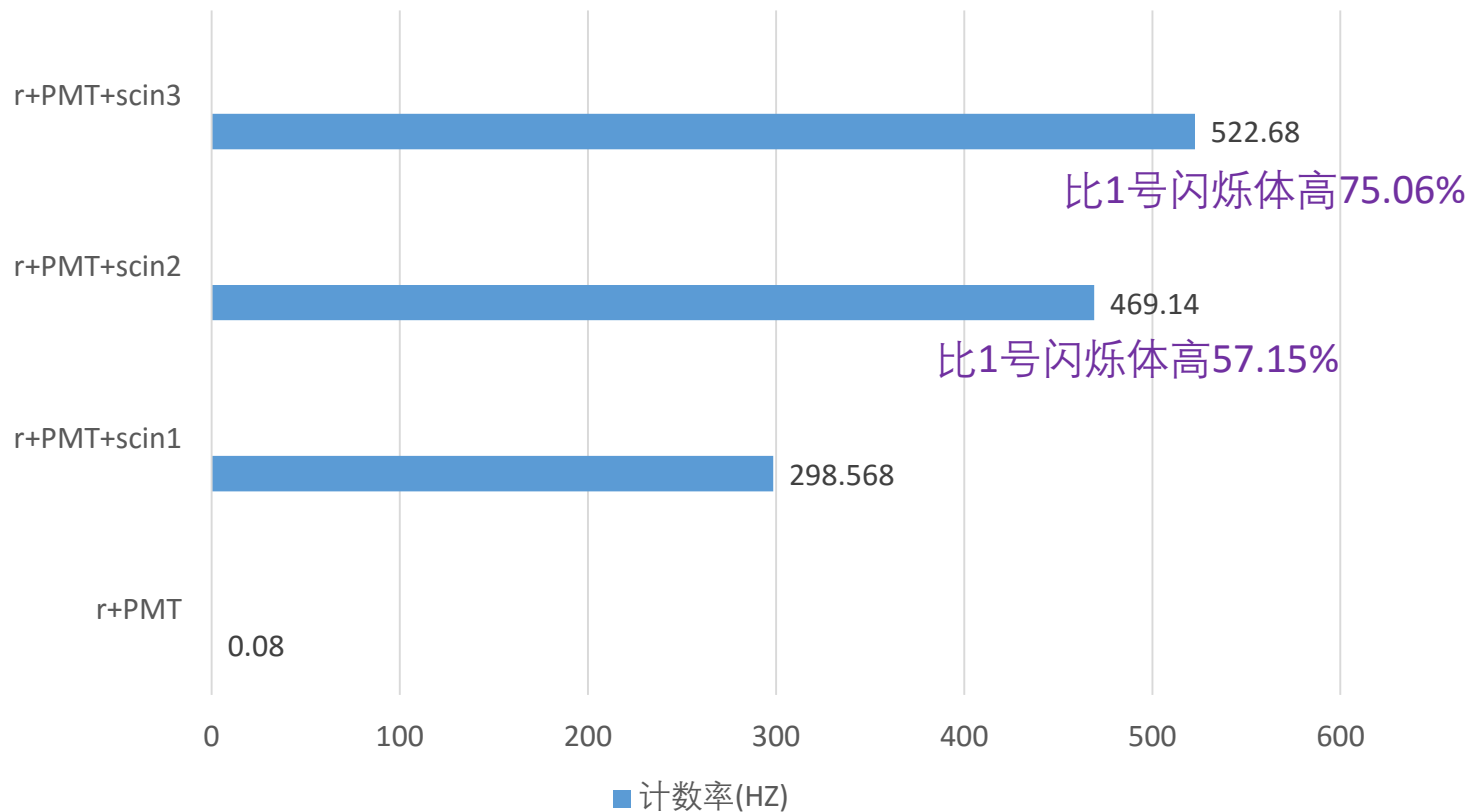
3种闪烁体的计数率 (X射线)



我们共有3种不同性能的闪烁体。高能科迪用不同的配方制做了1号和2号闪烁体，另一家中国公司制作了3号闪烁体。本实验用于为SoLID电磁量能器选择最好的闪烁体。

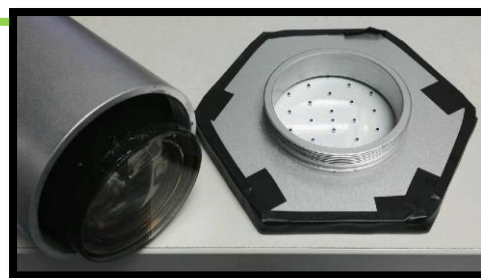
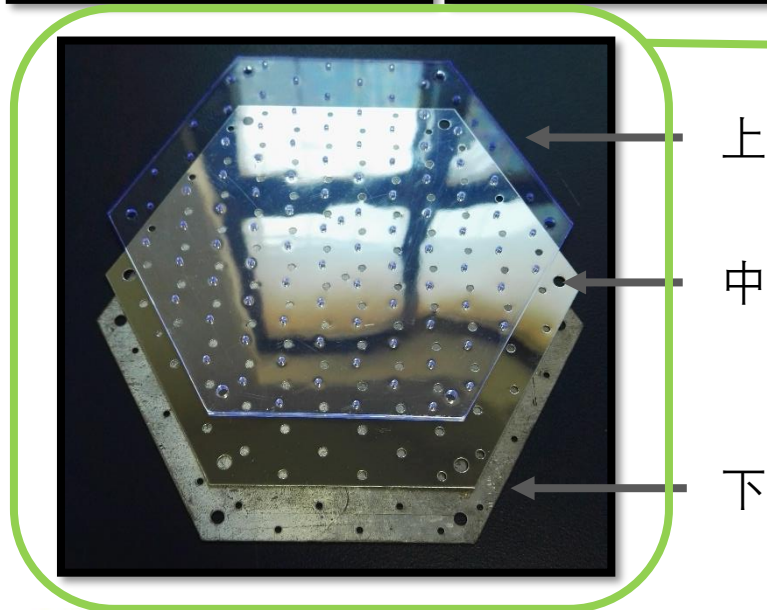
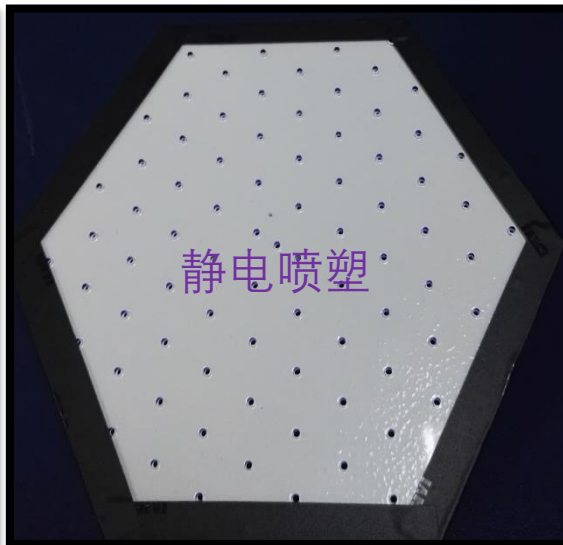
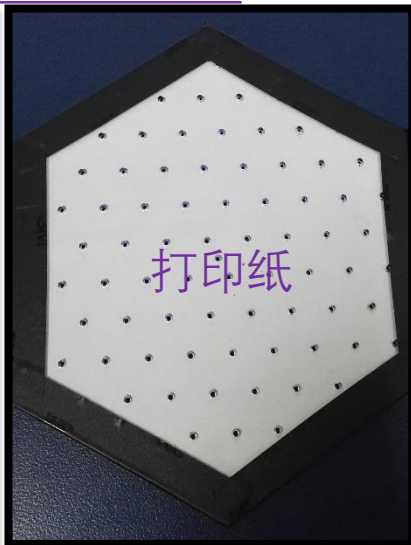
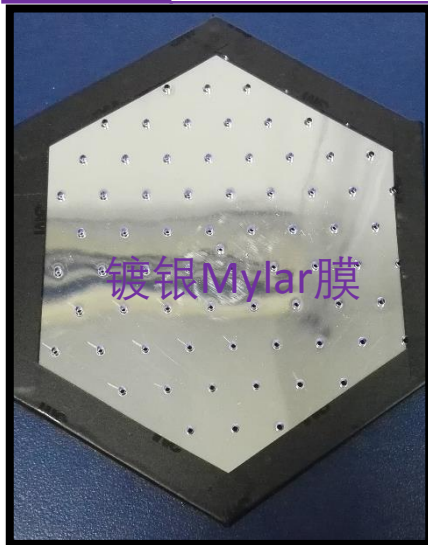


3种闪烁体的计数率 (r射线)

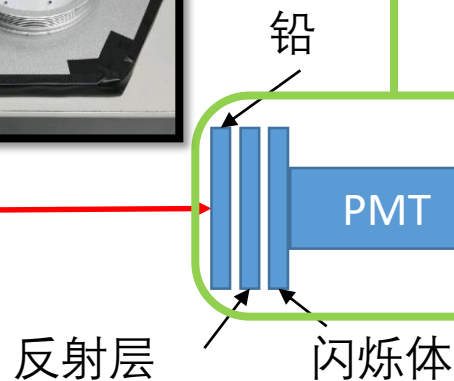


r射线实验结果与X射线结果符合得很好。





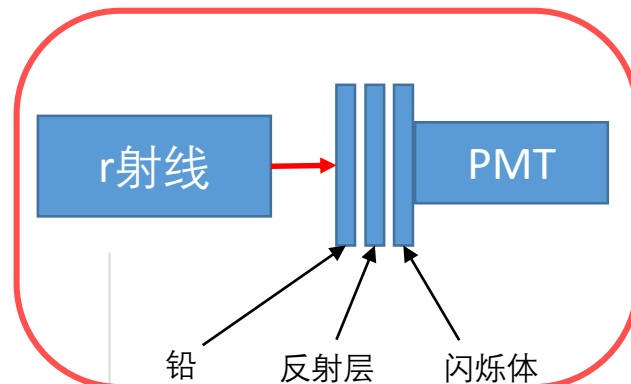
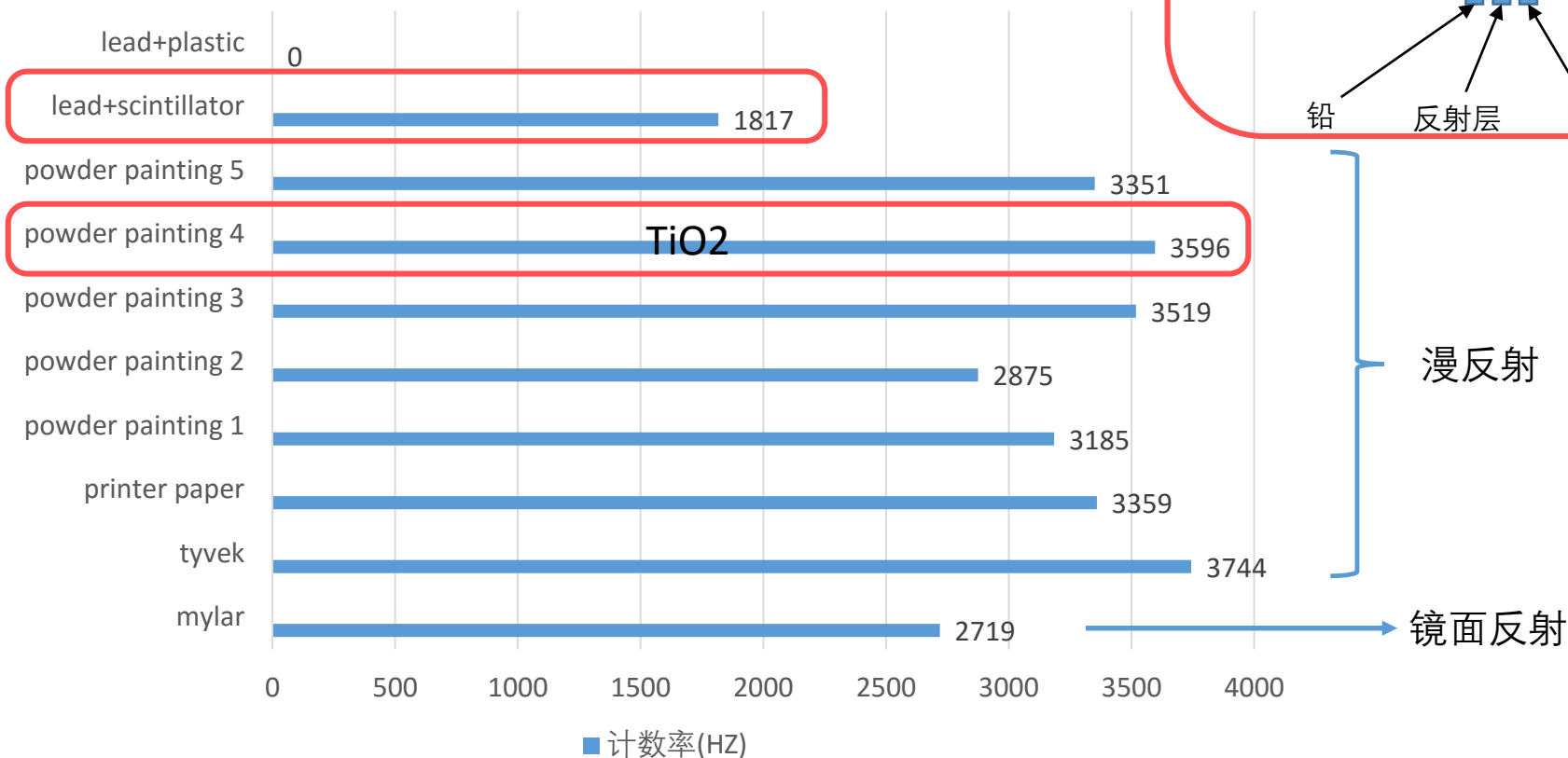
r射线



鉴别器
定标器



不同反射材料的计数率 (r射线)



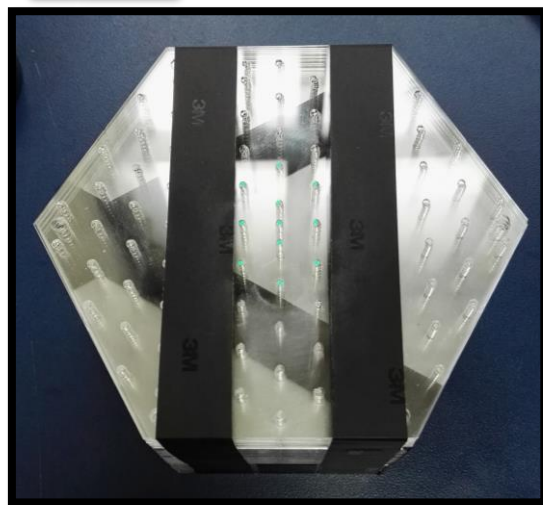
通过实验，使用“powder painting 4”可以将性能提高97.9%



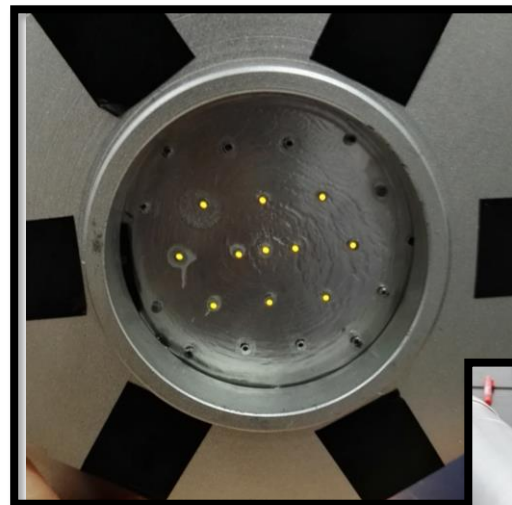
r射线

PMT

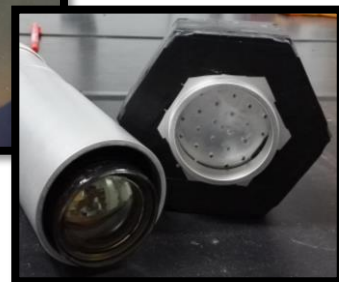
波形采样



反射端

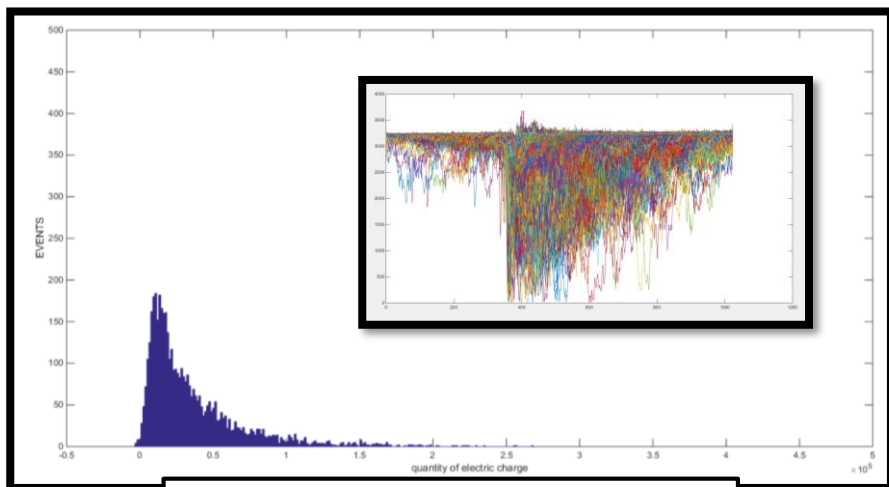


读出端



用于选择最优反射材料的对比试验仍在进行

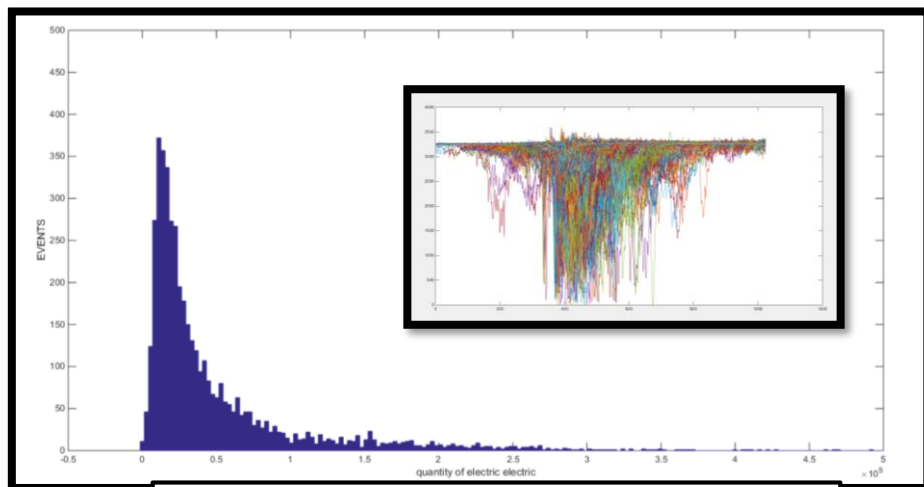




无反射涂层

事例数：4500

$Bean1 = (3.5988e+04)/R$



加漫反射涂层

事例数：4500

$Bean2 = (4.9376e+04)/R$

$$\frac{Bean2 - Bean1}{Bean1} = \frac{(4.9376e+04)/R - (3.5988e+04)/R}{(3.5988e+04)/R} = 37.2\%$$

结果显示，加漫反射涂层后反射性能较无反射涂层提高37.2%

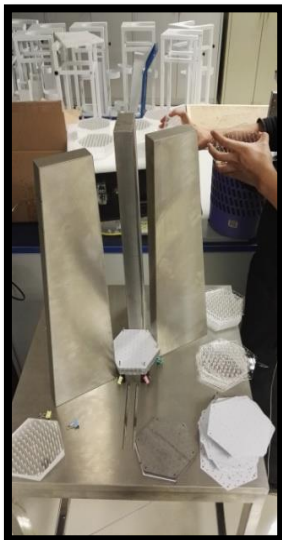


此装配步骤具有如下优势：

- ✓ 精准对位，保证光纤可以顺畅地穿过将近400片铅板和闪烁体板。
- ✓ 量能器可以通过此工装加压到500kg。
- ✓ 压力可以通过多个压力传感器进行监视。
- ✓ 压力可以从压力横板转移到六个压力杆上。



Step1



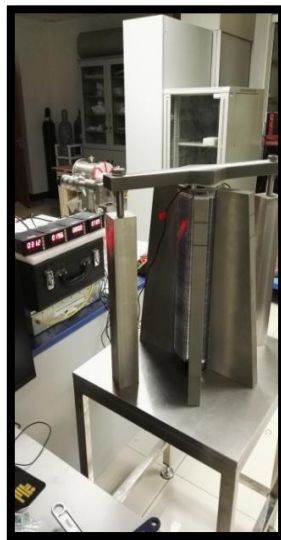
Step2



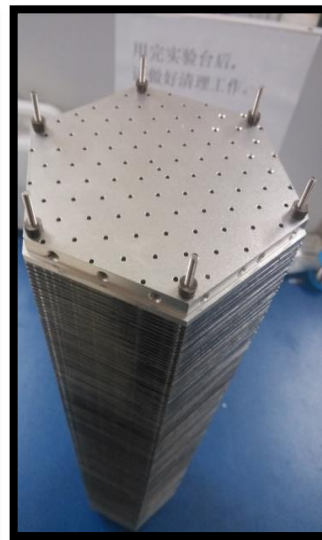
Step3



Step4

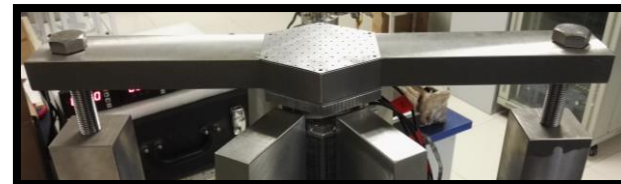


Step5



Step6

如何加压到200+kg?



	time	1	2	3	4	total
Day1 (2016.2.29)	17:15	57.0	63.1	73.8	51.6	245.5
	17:23	56.2	62.4	73.5	50.1	242.2
	17:30	55.4	61.7	72.8	49	238.9
	17:47	54.1	60.3	71.0	47.2	232.6
	18:15	53.0	58.9	69.4	45.7	227
	21:00	49.2	54.3	63.4	41.2	208.1
	22:13	48.3	53.3	62.1	40.2	203.9
Day2 (2016.3.1)	12:10	43.5	47.8	55.0	35.1	181.4
	12:28	54.9	63.3	59.5	51.0	228.7
	13:00	54.8	63.4	59.9	49.2	227.3
	13:35	54.5	63.2	59.1	48.6	225.4
	13:56	53.3	62.4	58.4	48.4	222.5
Day3 (2016.3.2)	14:06	49.8	59.6	58.4	41.3	209.1
	14:14	58.9	66.3	59.0	53.5	237.7

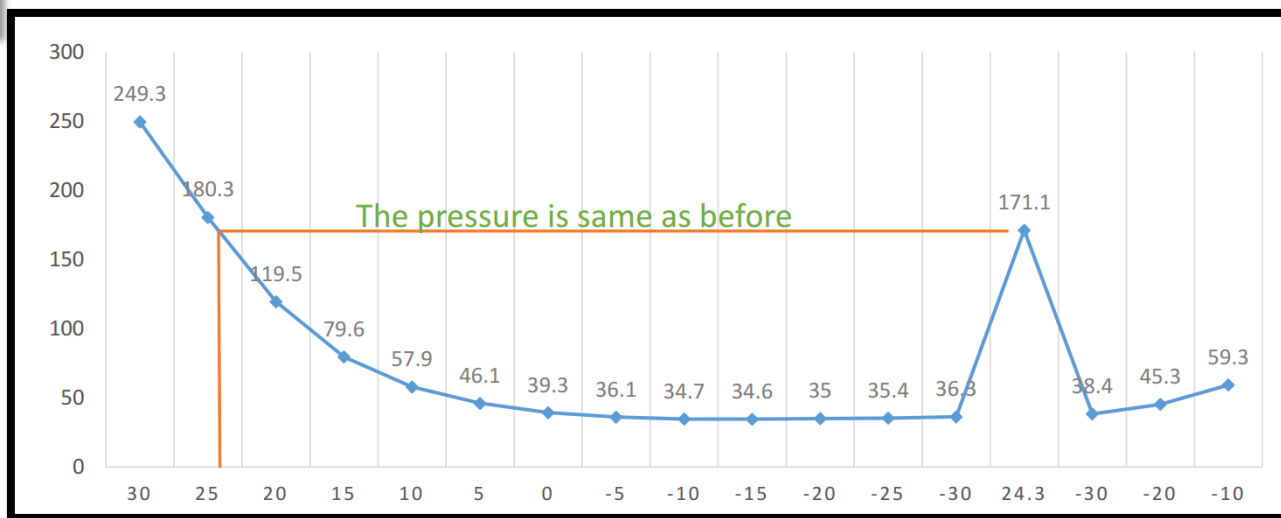


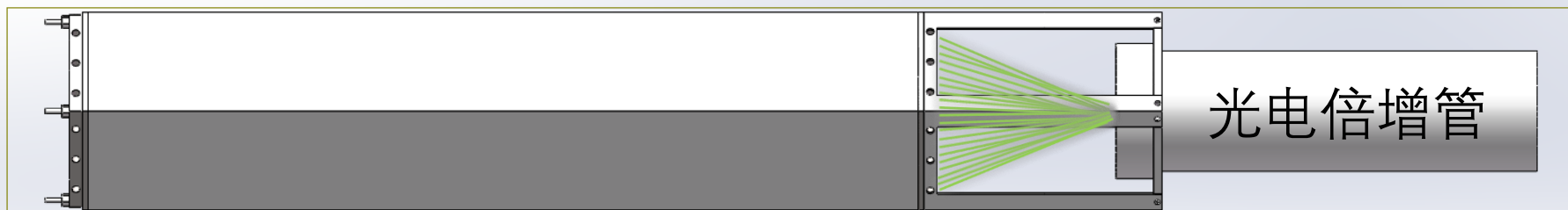
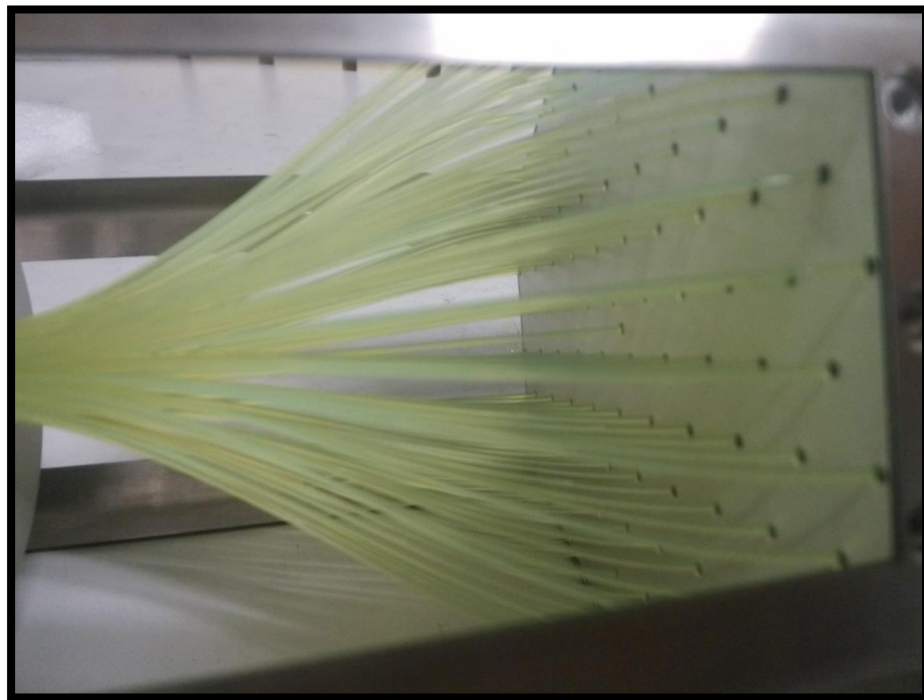
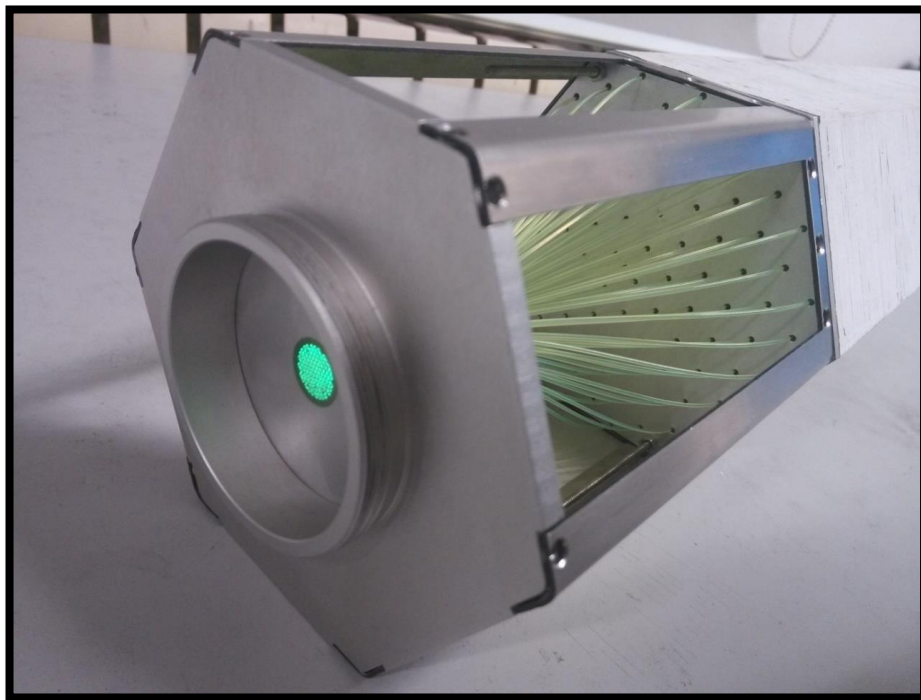


恒温箱

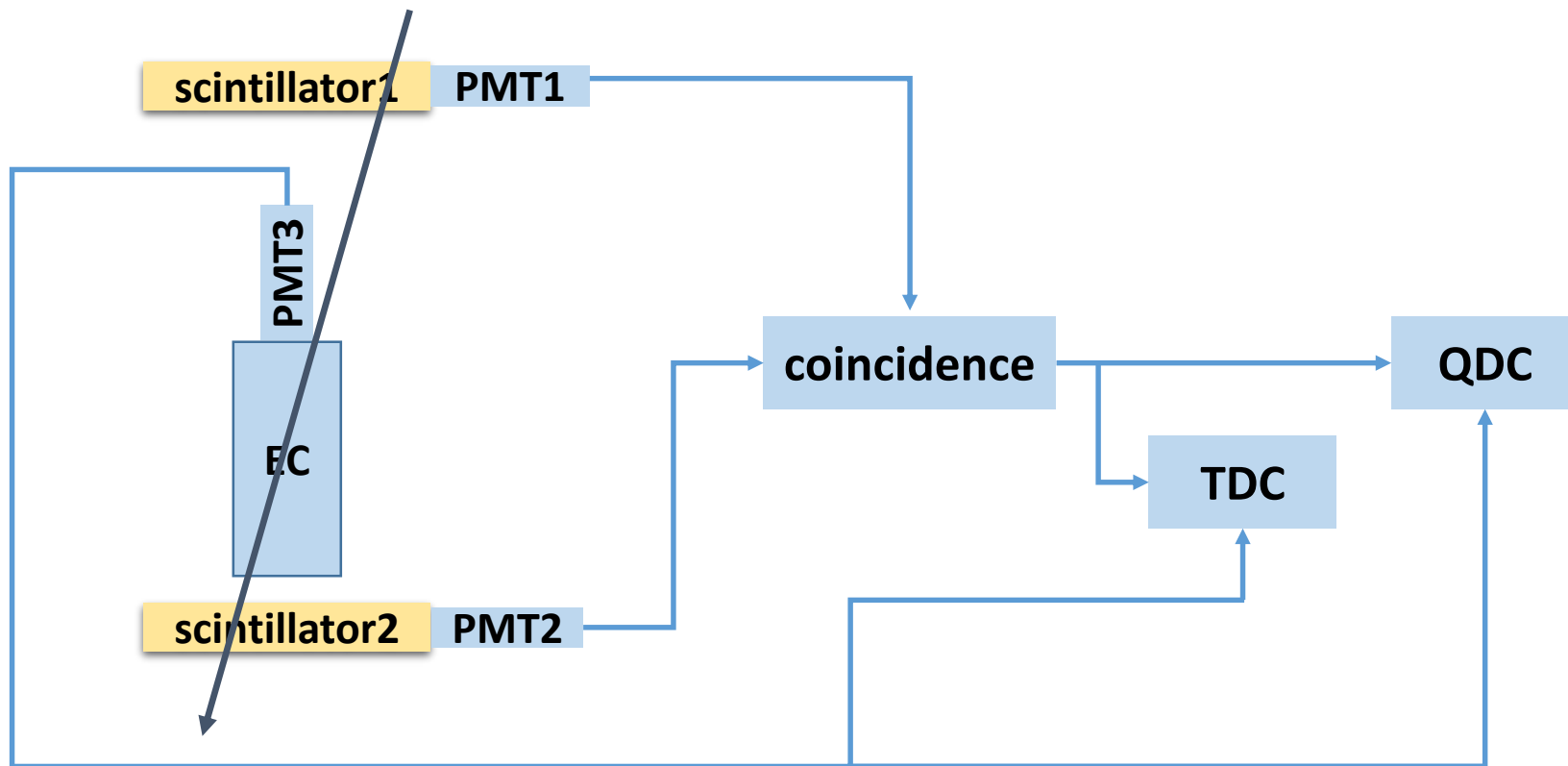
温度从室温 (22°C) 升到 30°C , 然后开始降温, 每隔 5°C 记录一组数据。我们在保证每个压力传感器的实数不再变化后才记录数据。另一方面, 实验中观察到每个压力传感器的变化都是相同的。

	厚度 (mm)	膨胀系数 ($\text{m}/^{\circ}\text{C}$)	温差 ($^{\circ}\text{C}$)	厚度变化 (mm)
铅	97	29.3×10^{-6}	50(25 ~ -25)	$L_1 = 0.14\text{mm}$
闪烁体 (聚苯乙烯)	291	80×10^{-6}	50(25 ~ -25)	$L_2 = 1.16\text{mm}$
铝	20	23.2×10^{-6}	50(25 ~ -25)	$L_3 = 0.0232\text{mm}$
不锈钢棒	462.5	17.3×10^{-6}	50(25 ~ -25)	$L_4 = 0.4\text{mm}$
$L_1 + L_2 + L_3 - L_4 = 0.9232\text{mm}$				





- ◆ 在清华大学完成宇宙线实验
- ◆ 在JLab和中科院高能所完成电子束流实验

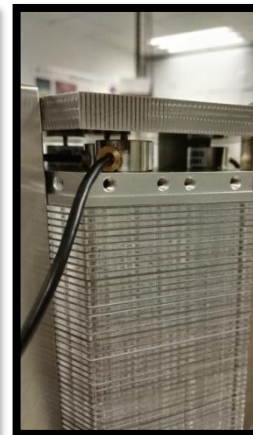
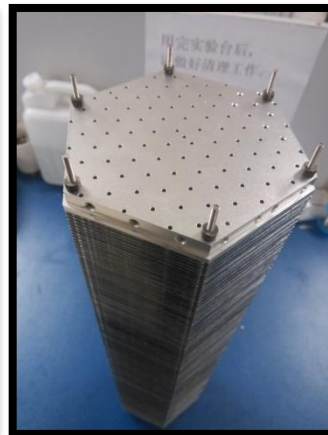
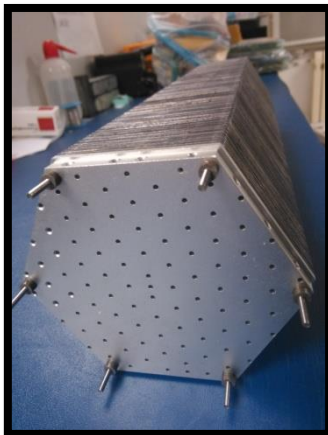


- 清华大学和JLab的模拟结果吻合得很好
- 第一个量能器的原型已经完成
 - 0.5mm厚的铅板
 - 1.5mm厚的闪烁体板（科迪1号测试闪烁体）
 - 镀银Mylar膜（镜面反射）
 - 光纤端部反射涂层（含银，镜面反射）
- 材料测试已经基本完成，性能最佳的材料将被用于SoLID的电磁量能器
- 掌握了一系列的量能器装配方法
- 第二个量能器的原型将尽快完成
 - 0.5mm厚的铅板
 - 1.5mm厚的闪烁体板（科迪2号测试闪烁体或者3号）
 - 4号静电喷塑材料
 - 银反射涂层或二氧化钛反射涂层
- 我们将做更多的材料测试为下一个原型的材料选择提供数据支持。
- 束流测试





谢 谢



申忱迪

清华大学，工程物理系



清华大学
Tsinghua University