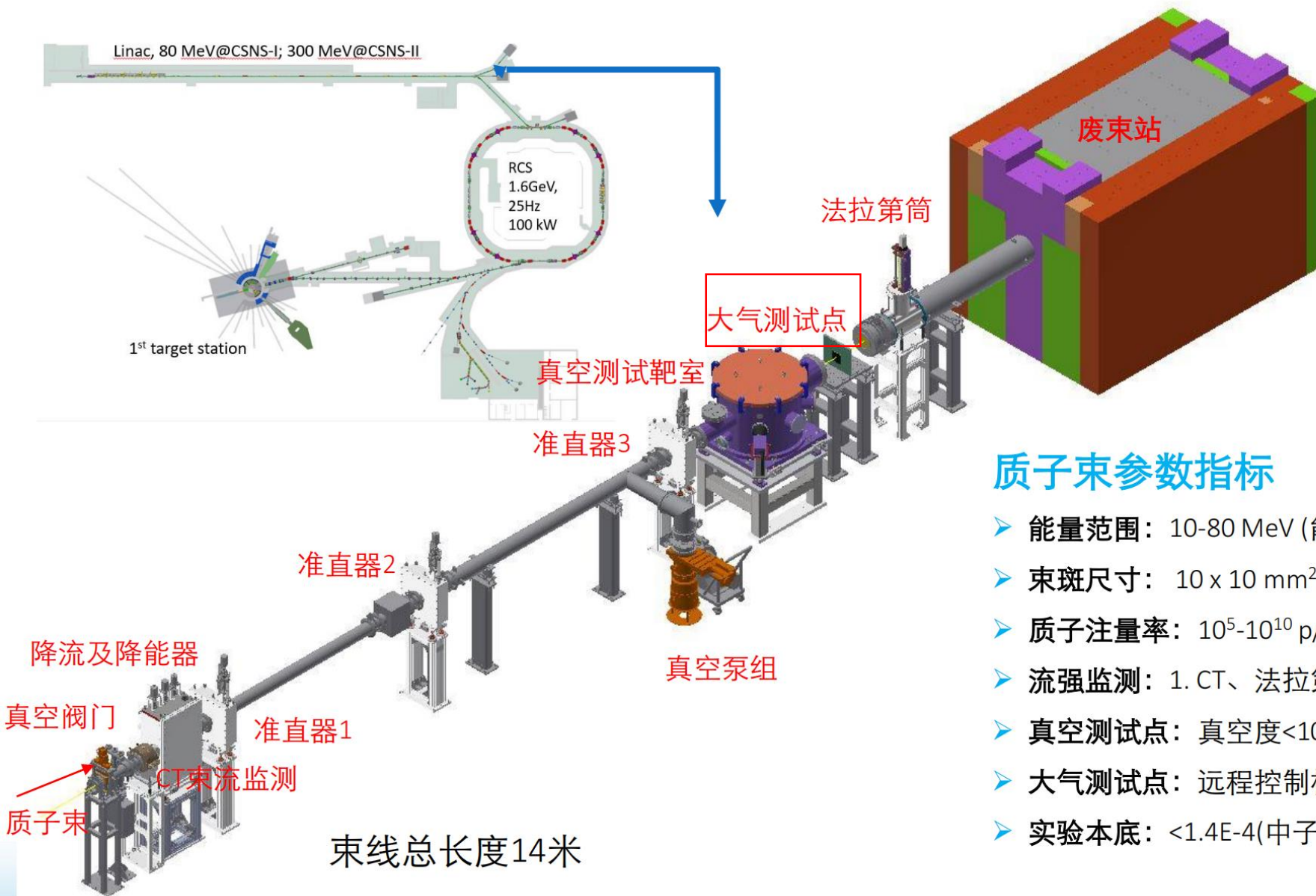


CSNS伴生质子束实验平台 (APEP)



质子束参数指标

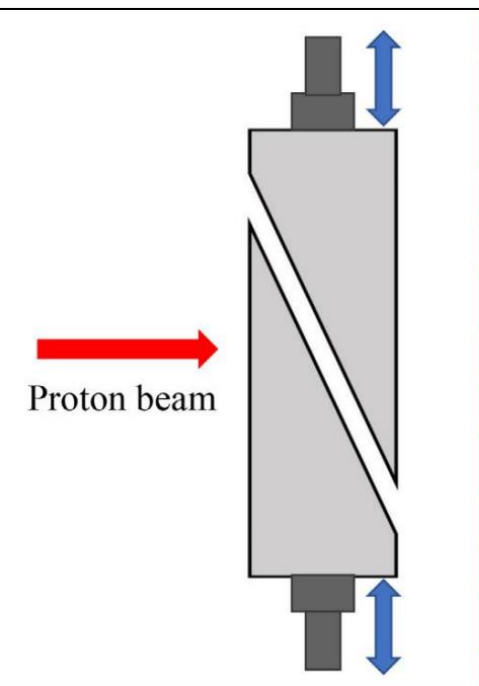
- 能量范围: 10-80 MeV (能散(FWHM)<8.65% @>30MeV)
- 束斑尺寸: $10 \times 10 \text{ mm}^2 - 50 \times 50 \text{ mm}^2$ (连续可调, 均匀性 > 95%)
- 质子注量率: $10^5 - 10^{10} \text{ p/cm}^2/\text{s}$
- 流强监测: 1. CT、法拉第筒及活化片
- 真空测试点: 真空度 $<10^{-3} \text{ Pa}$, 空间尺寸 $50\text{cm} \times \varnothing 0.8\text{m}$, 测试工位5个;
- 大气测试点: 远程控制样品台
- 实验本底: $<1.4\text{E-}4$ (中子)和 $<3.4\text{E-}5$ (伽玛) @ $20 \times 20 \text{ mm}^2$ 束斑

质子束降能

降能影响流强跟随降低，通量优先，80MeV能量点测试，
对应1MeV中子非电离能损流强折算系数~1/1.427

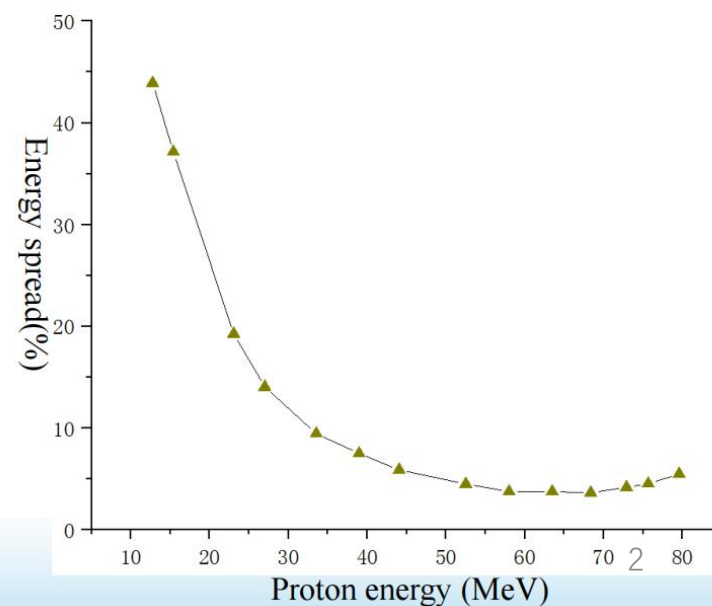
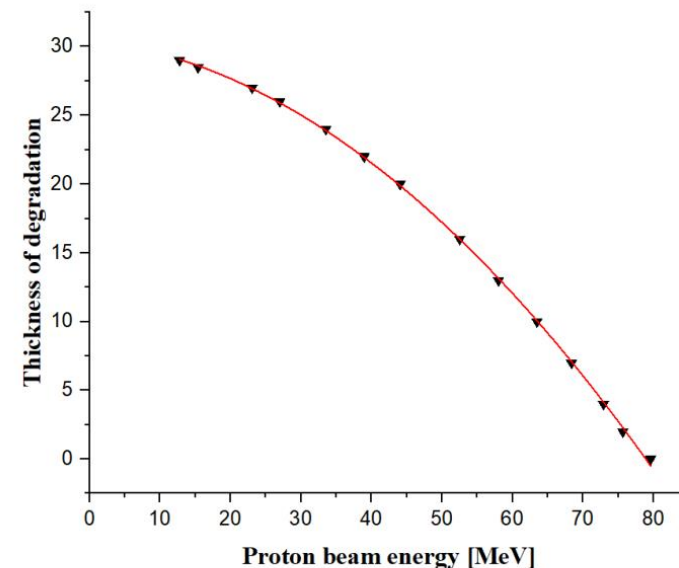


- Degradar material: graphite, Wedge structure
- Continuous adjustment of the thickness
- Energy spreads < 10% (30MeV – 70MeV)
- Energy range: 0-80MeV



Degradar structure

	The thickness of degrader (mm)	Measurement proton peak energy (MeV)	Energy spread (%)
	0	79.56	5.46
	2	75.64	4.51
	4	72.89	4.16
	7	68.35	3.63
	10	63.46	3.74
	13	57.99	3.74
	16	52.51	4.49
	20	44.03	5.87
	22	38.94	7.49
	24	33.53	9.44
	26	26.98	14.03
	27	23.06	19.26
	28.5	15.39	37.16
	29	12.76	43.92



注量率

伴生质子束随着CSNS直线加速器的功率提升，注量率也在提升，当前加速器运行在瞬发流强15微安左右。此表中数据归一到引出的总瞬发流强10微安。

2023年ITk实际辐照测试（ $20 \times 20\text{mm}^2$ ，活化法），流强水平高出~2倍，本次需要重新标定。流强检测系统+活化片交叉验证。

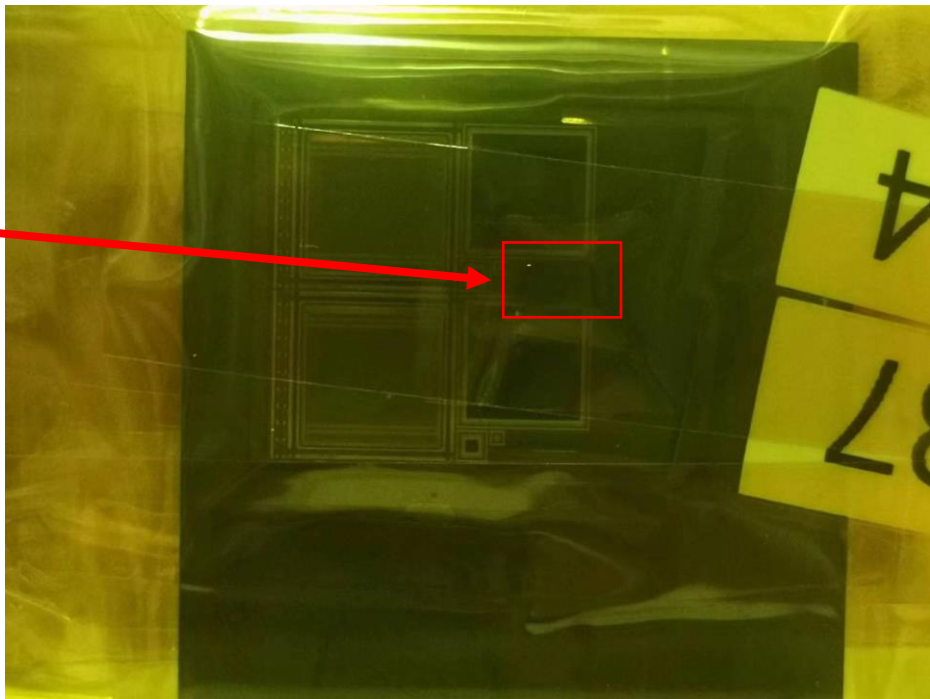
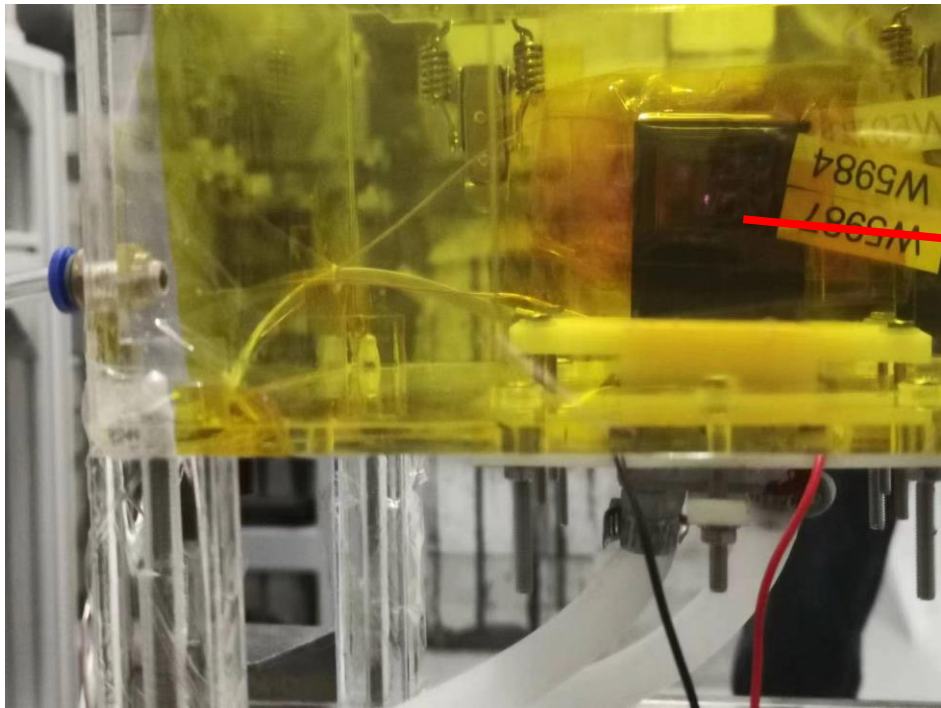
伴生质子束模式 (25Hz, 400us)	真空测试点计算的注量率 (归一10uA、p/cm ² /s)	大气测试点计算的注量率 (归一10uA、p/cm ² /s)	大气测试点测量的注量率 (活化法、归一10uA、p/cm ² /s)	偏差
80MeV				
50mm*50mm	4.00E+09	3.18E+09	8.60E+09	-63.005%
40mm*40mm	3.97E+09	3.16E+09		
20mm*20mm	3.38E+09	2.66E+09	3.40E+09	-0.519%
10mm*10mm	2.28E+09	1.76E+09		
70MeV				
50mm*50mm	9.17E+08	7.16E+08	7.05E+08	1.521%
40mm*40mm	8.72E+08	6.77E+08		
20mm*20mm	5.91E+08	4.56E+08	5.74E+08	3.035%
10mm*10mm	3.37E+08	2.58E+08	2.45E+08	5.202%
60MeV				
50mm*50mm	3.44E+08	2.69E+08	2.52E+08	6.637%
40mm*40mm	3.22E+08	2.50E+08		
20mm*20mm	2.09E+08	1.60E+08	1.52E+08	5.245%
10mm*10mm	1.17E+08	8.98E+07		
50MeV				
50mm*50mm	1.73E+08	1.33E+08	1.79E+08	-3.208%
40mm*40mm	1.61E+08	1.25E+08		
20mm*20mm	1.04E+08	7.98E+07	1.01E+08	3.351%
10mm*10mm	5.85E+07	4.47E+07		
40MeV				
50mm*50mm	1.13E+08	8.70E+07	1.15E+08	1.989%
40mm*40mm	1.05E+08	8.06E+07		
20mm*20mm	6.71E+07	5.10E+07	6.74E+07	-0.426%
10mm*10mm	3.69E+07	2.89E+07		
30MeV				
50mm*50mm	6.92E+07	5.35E+07	6.86E+07	-0.882%
40mm*40mm	6.34E+07	4.88E+07		
20mm*20mm	4.12E+07	3.04E+07	4.00E+07	2.961%
10mm*10mm	2.23E+07	1.73E+07		
20MeV				
50mm*50mm	5.13E+07	3.96E+07	5.42E+07	5.330%
40mm*40mm	4.69E+07	3.68E+07		
20mm*20mm	2.96E+07	2.32E+07	2.71E+07	9.106%
10mm*10mm	1.61E+07	1.23E+07		
10MeV				
50mm*50mm	1.92E+07	1.30E+07	1.72E+07	-11.790%
40mm*40mm	2.04E+07	1.21E+07		
20mm*20mm	1.25E+07	6.65E+06	1.12E+07	11.496% ³
10mm*10mm	7.02E+06	3.08E+06		

2+4*2=10片

- 低温测试（共用ITK设备， -20℃， 模仿探测器温度）：
 - 风扇制冷， 石墨片导热~-16℃（面积20 × 20mm²）， 通干燥空气防止结冰
 - 目标通量 1.6e15 n_eq/cm^2
 - 计划COFFEE2测试2片， 和ITk共用石墨片正反面（流强损失<10%）
 - 辐照后需单独存放至表面活性低于0.25uSv/h（测试装置~1-2周）
 - 存放可与ITk共用冰箱， 冰袋快递运输0℃
 - 退火条件： 60℃ 80min (107冷热循环箱)
- 常温测试：
 - 计划通量： 1e14, 3.5e13, 3e12, 2e11 n_eq/cm^2
 - COFFEE2计划各测2片

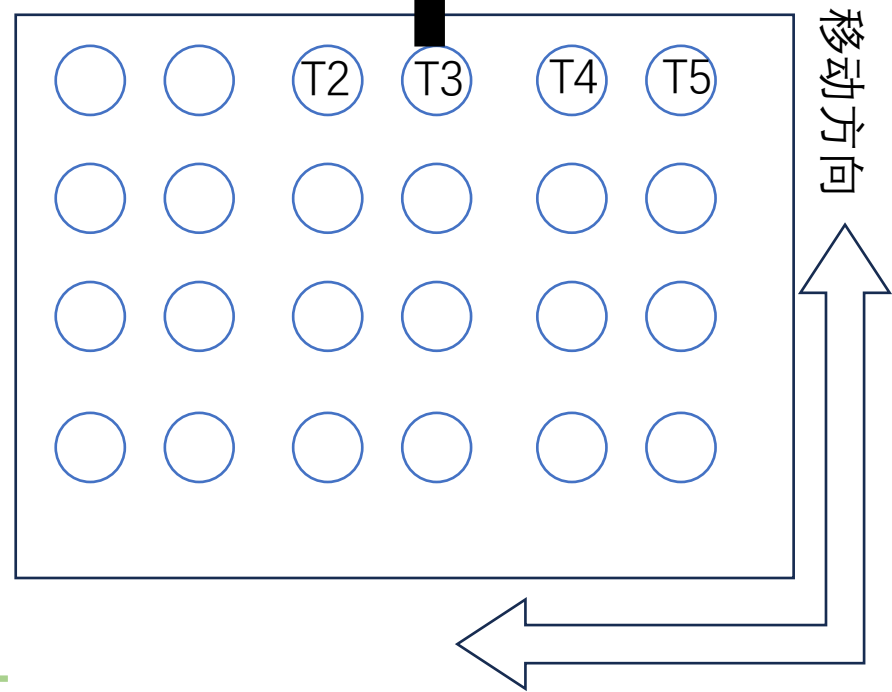
		束流强度	5.10E+09	n_eq权重因子	1.427
	项目	期望的辐照强度		时间/秒	时间/小时
测试点1（有低温盒）	ITk, HVCMOS, 石墨	1.60E+15		219,849.68	61.07
测试点2（常温环境）	HVCMOS, SiC,石墨	1.00E+14		13,740.60	3.82
测试点3（常温环境）	HVCMOS, SiC,石墨	3.50E+13		4,809.21	1.34
测试点4（常温环境）	HVCMOS, SiC,石墨	3.00E+12		412.22	0.11
测试点5（常温环境）	HVCMOS, SiC,石墨	2.00E+11		27.48	0.01

低温测试环境：



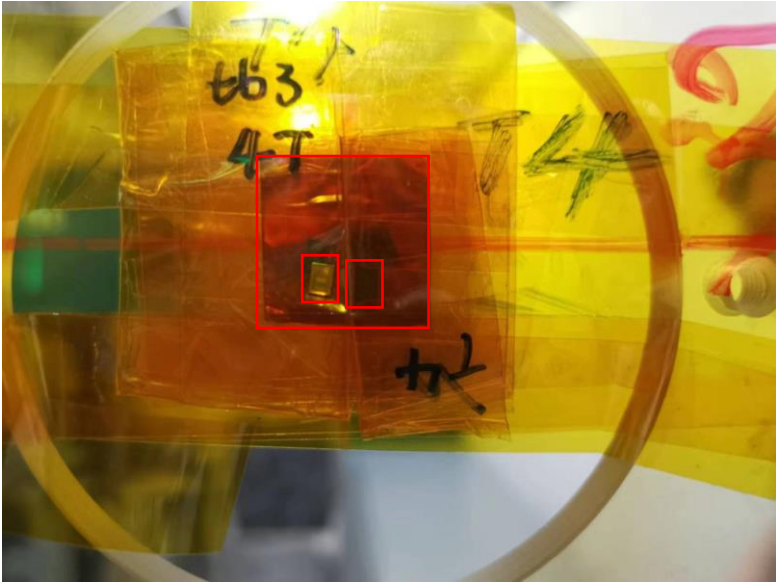
室温测试环境:

装置移动平台:

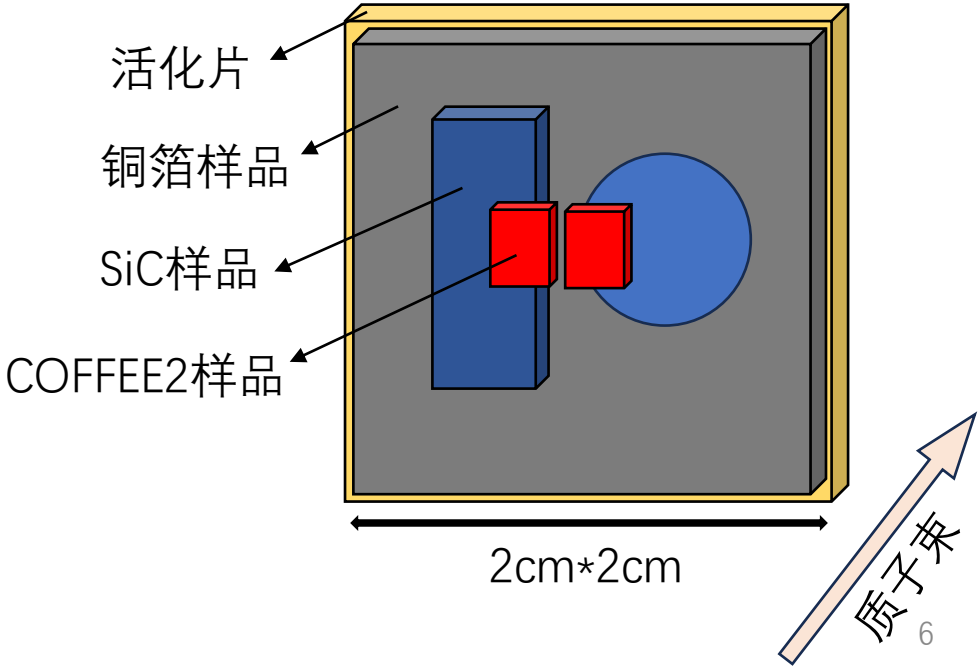


+ 质子束流准星

不同测试样品用kapton胶带(膜)隔开



样品放置示意图:



比较 辐照后IVCV变化

CCE初步计划

1. 利用激光验证信号的可读出
2. 利用 α 源作为放射源测试
3. 以上都有信号响应后, 再利用Sr90等 β 源测试MIP信号
(若信号无法区分噪声信号, 再设置隔离层开孔+trigger系统)

