

# 考核报告

郭聪 中微子二组

2023-12~2024-11

# 一、岗位职责

## ➤ 江门中微子实验 (90%)

### ✓ 超纯水中氦、镭的测量及去除 (80%)

- **低预算**: 在原有EWII水系统基础上进行优化;
- **高要求**: 液闪灌装时水置换方案确定, 超纯水中镭含量降低至 $50 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ;
- **大流量**: 液闪灌装流量达到50t/h;
- **直接影响液闪中的放射性含量, 关系太阳中微子探测、双 $\beta$ 衰变实验的成败;**

### ✓ 安装、测量工作: 水管安装, 水系统颗粒物、氦含量测量等 (5%);

### ✓ 掺氦液闪性能研究: **完成氦掺杂及测量系统的搭建 (5%);**

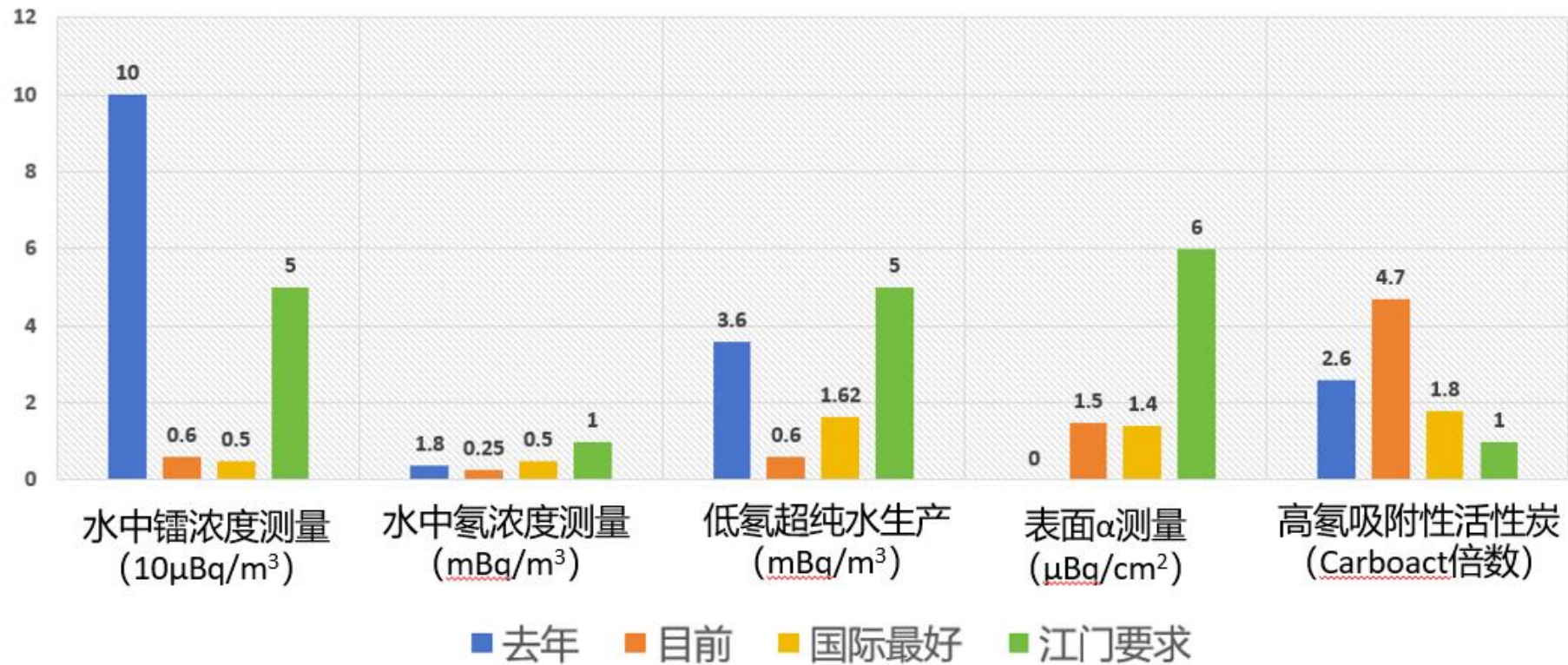
## ➤ 低阈值探测器研究 (10%)

### ✓ 低温SiPM光探测模块研发 (组内长期任务, 可以应用于液氦探测器等);

### ✓ 低温晶体探测器 (2022年领导分配任务);

# 氡镭研究总结（体现科研能力与学术组织能力）

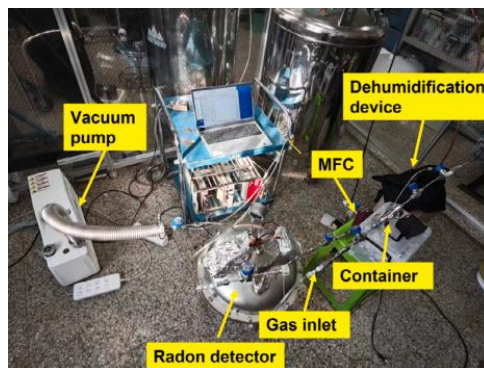
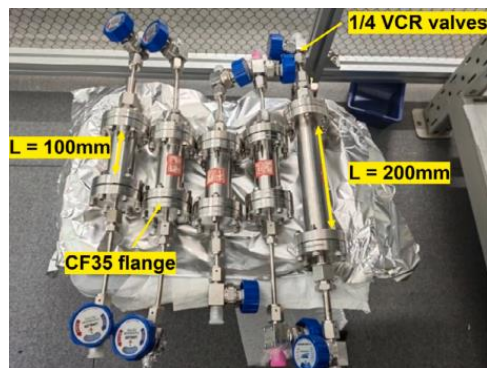
本年度研究进展、江门要求以及与国际最好研究结果对比



带领氡研究小组（现有副研三人，实验师一人，联培学生四人）持续开展氡镭测量研究，全面完成江门百吨级水系统及本底测量指标要求，达到国际先进水平。

# 1、水中镭含量测量

郭聪、许西亭



- 通过自制的水中镭吸附材料以及自研的测试系统实现超纯水中镭含量的准确测量；
- 测量灵敏度达到 $6\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ；
- JUNO唯一一套水中镭含量测量装置，在水系统及液闪本底控制方面发挥重要作用；
- 文章发表于NIM A，被推荐为2024年2月份 arxiv notable reference，本人为通讯作者；
- 难点：影响条件很多，系统的精确刻度；

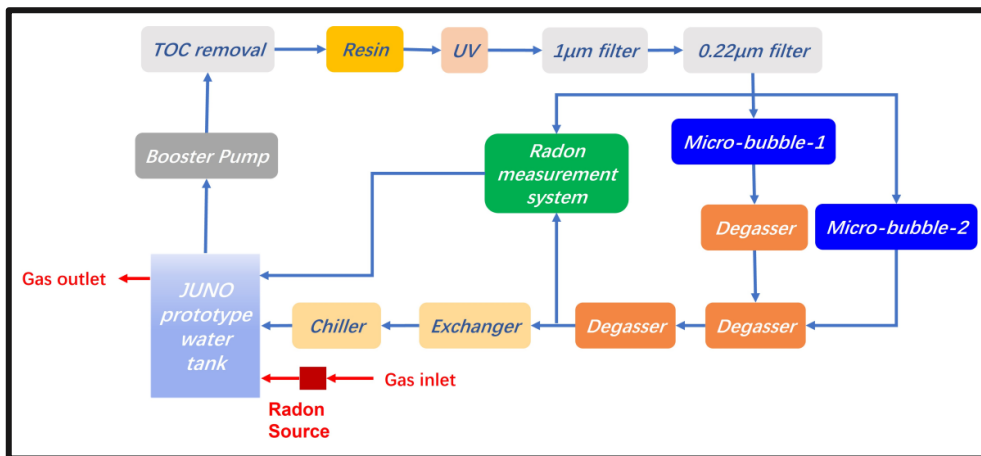


### 3、低氡超纯水及水中氡浓度测量装置

郭聪、关婷玉、王斌、刘金昌

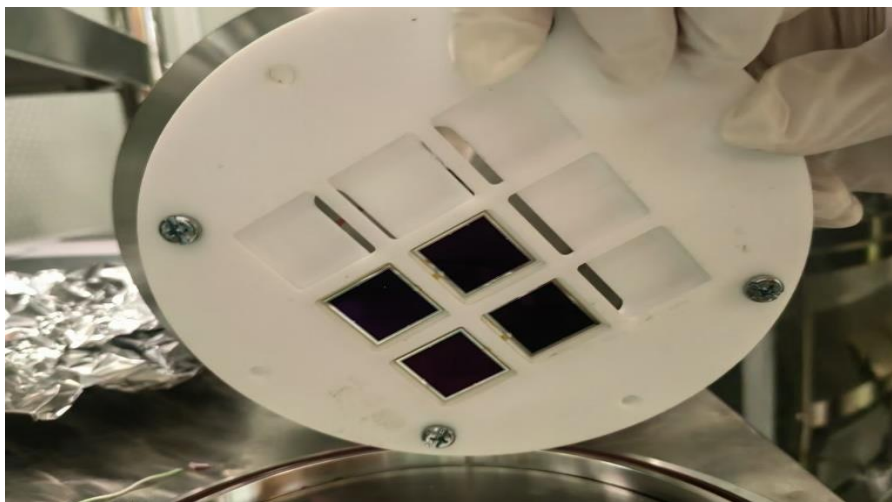


- 优化测试流程并持续降低水氡测量系统本底，单日测量灵敏度达到 $0.25\text{mBq}/\text{m}^3$ ；
- 使用微气泡与脱气膜，在JUNO模型探测器实现 $0.6\text{mBq}/\text{m}^3$ 低氡超纯水的生产，该结果已好于SuperK ( $1.62\text{mBq}/\text{m}^3$ )；
- 水系统除氡方案应用于江门百吨级水系统；
- JUNO唯一一套水中氡含量的测量系统，在水系统及液闪系统本底控制方面发挥重要作用；
- 难点：常规设备新用途，工作点需要摸索；



## 4、表面 $\alpha$ 测量装置

郭聪、罗陈葆智

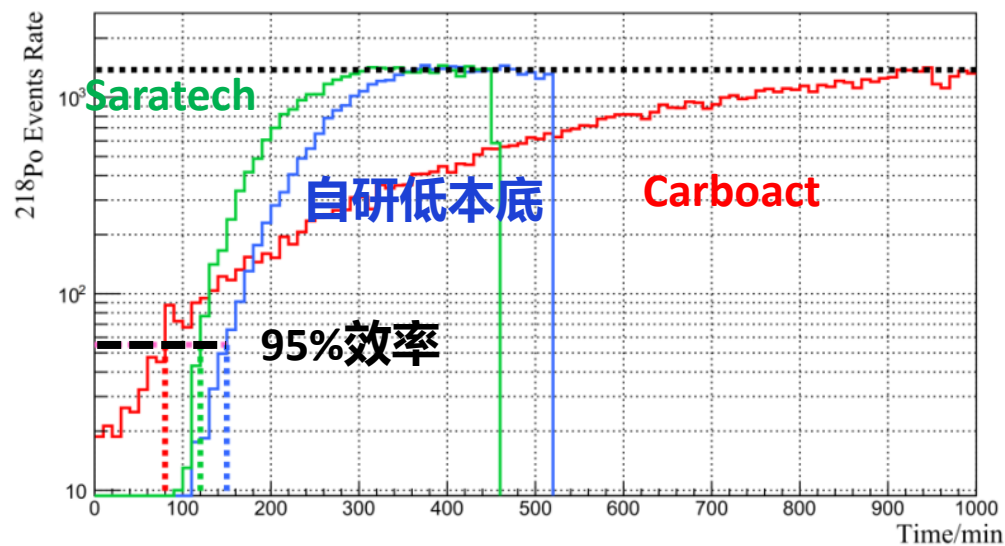


- 使用SiPIN探测器建立表面 $\alpha$ 污染测量装置；
- 使用4cm\*4cm样品可以实现 $1.6\mu\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的测量灵敏度；
- 灵敏度接近国际商用仪器（售价近百万）；
- 为江门测量多个有机玻璃样品；
- 可做核素识别，在 高能所13号厅“核泄漏”乌龙事件中发挥重要作用；
- 难点：低本底环境的维持；



# 5、高吸附性活性炭研制

郭聪、李驰



- 与国内厂家合作成功生产出镭含量为 $2.13 \pm 0.41 \text{mBq/kg}$ 的低本底活性炭；
- 国内首款低本底活性炭；
- 在原有基础上优化制作工艺，提升活性炭氡吸附性能；
- 自研活性炭吸附能力是Saratech活性炭的2.7倍，是Carboact的4.8倍；
- 难点：本底控制，活性炭孔径控制；

样品	比表面积 (m <sup>2</sup> /g)	平均孔径 (nm)	质量 (g)	吸附系数 (L/g)
Carboact	\	\	0.88	272 ± 14
Saratech	\	\	0.73	493 ± 21
自研-1	1001	1.6	0.64	703 ± 23
自研-2	854	1.8	0.67	940 ± 22
自研-3	810	2.3	0.65	1315 ± 21
自研-4	1096	3.0	0.63	905 ± 24

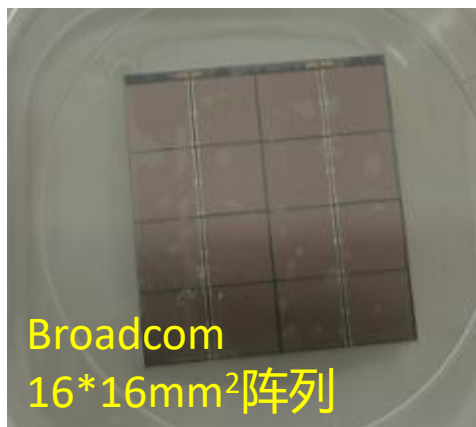
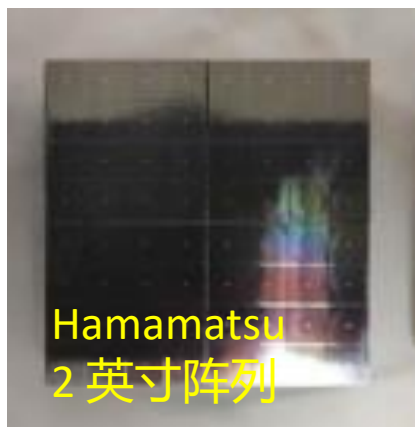
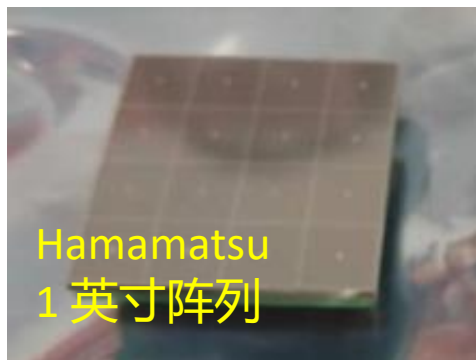
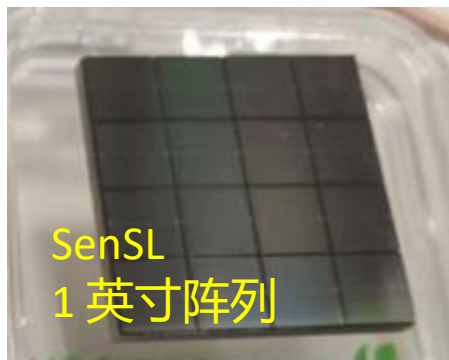


# 低阈值探测器研究

---

- 低阈值低本底探测器技术
  - “新”型光子探测器SiPM
    - ✓ 高量子效率
    - ✓ 低本底
  - 高光产额的闪烁体
    - ✓ 低温晶体（2022年安排任务）

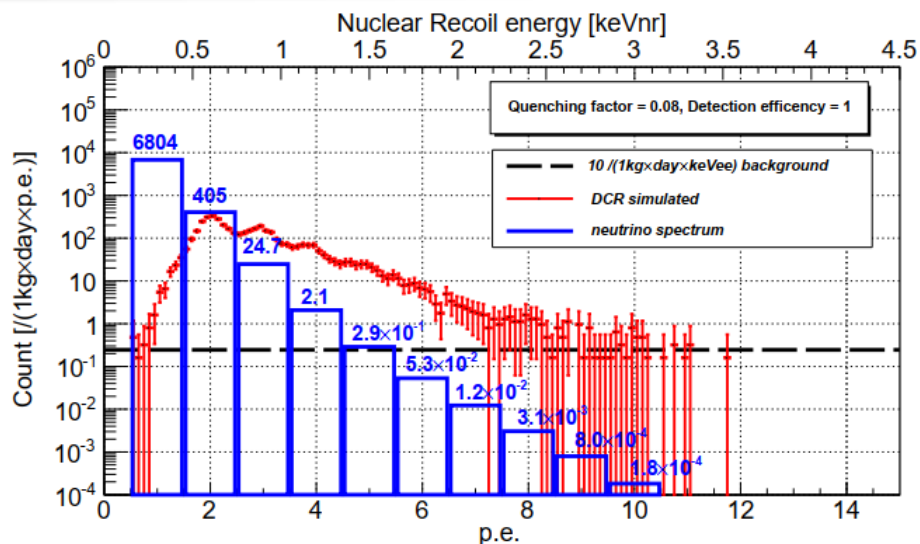
## 6、基于SiPM的低温光探测模块研发（体现合作精神）



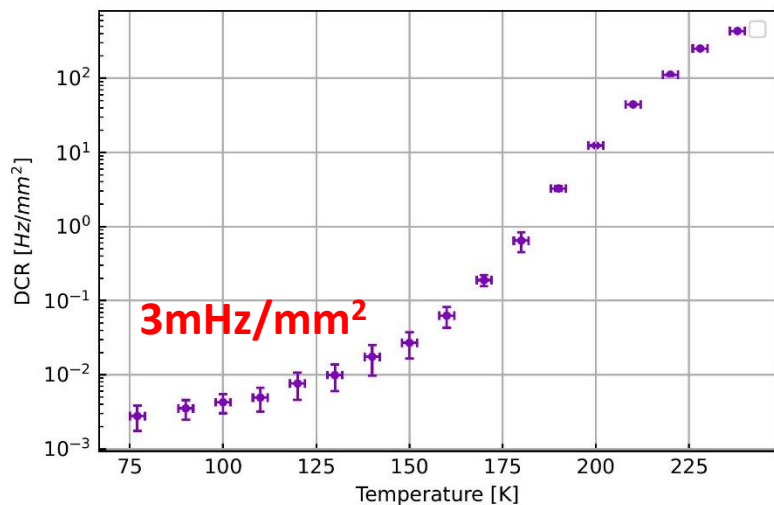
- 联合天体中心梁晓华老师共同开展低温电子学研制，**建立研究小组**（目前副研2人，联培硕士3人），联合指导学生4名（1人已毕业）；
- 研发出多款可在液氮温度下应用的SiPM光探测模块，产品涉及SenSL、Hamamatsu、BroadCom等；
- **可以替代传统的低温PMT，为COHERENT实验组低温CsI探测器使用；**

# 7、低温晶体探测器技术 (体现合作精神)

郭聪, 王磊, 牛苑好, 孙希磊



反应堆中微子CEνNS信号与本底估计



- 将低温SiPM、TPB镀膜技术以低温CsI晶体探测器技术相结合, 成功研制出国际上光产额最高的晶体探测器 (30.1P.E./keV) ;
- 指导学生开展反应堆中微子CEνNS探测相关物理研究, 发现最大本底是SiPM的偶然符合;
- 找到一款新的低DCR SiPM (博通AFBR-S4N44 P164M), 并完成电子学研制;
- 难点: 串扰信号 (DeCT、AP) 的准确区分;

# 本年度成果（体现工作主动性和创造性）：

基金 (3+4+1)	本人主持2+1（新获批）项： 基金委面上55万，青促会80万， 重点实验室自主研究课题20万；	本人主持结题4项： 北京市面上1项，重点实验室1 项，所创新1项，谢家麟1项；	杨老师主持，本人负责结题1 项： 基金委联合基金重点项目；
文章 (8+2+2)	已发表(本人撰写，通讯作者) 8篇：6 (1 EPJP, 2 NIM A, 1 JNRC, 2 RDTM) + 2 (会议文章)	评审中(本人撰写，通讯作者) 2 篇 (1 NIM A, 1 RDTM)	合作文章(有重要贡献) 1+1篇： 指导学生一作，本人二作 1 (JUNO LS UPW 氦测量，评 审中) +1 (江门地下氦来源确 定 + 岩壁析出率测量)
专利 (1+1)	授权1项 (第一发明人)	待提交1项 (第一发明人)	
会议报告 (3+1)	COUSP2024分会报告2个，核与粒 子1+1论坛报告1个；	BCVSPIN2024 大会报告 (12月8 号)	
国际期刊 审稿 (7)	NIM A 2 篇，Sensors 2 篇，ARI 1 篇，MAP 1 篇，RSI 1篇；		
协办会议 (1)	中科院青促会HIAF-JUNO大科学装置交叉论坛；		
科普报告 (1)	马边中学“从你我说起” (介绍中微子与暗物质)；		

# 学生指导，公共服务及计划

## ➤ 学生指导 (1+4+4) :

- 副导师毕业博士研究生1名：王磊；
- 联培学生4名：李驰（毕业），关婷玉（毕业），王斌，罗陈葆智；
- 联合指导联培学生4名：雷宇（毕业），谢雪灵，牛苑好，许西亭；

## ➤ 公共服务:

- 青促会高能所小组第六届组长；
- MAP杂志编委；
- 江门氦镭测量，合作组报告审议，实验室维护；
- 中心联培学生面试、党支部组织委员；

## ➤ 下步计划:

- 江门百吨级水系统调试，超纯水除氦、除镭研究；
- 掺氙液闪性能研究及本底控制；
- 低温晶体性能测量及低温SiPM光探测模块改进；
- 领导安排的其他任务；

# 文章、专利、报告目录

1. T.Y. Guan, et al., NIM A 1063 (2024) 169244 ;
2. Chi Li, et al., NIM A 1063 (2024) 169257;
3. Lei Wang, et al., EPJC (2024) 84:440;
4. Chi Li, et al., JRNC (2024) 333:337-346;
5. Y.D. Chen, et al., RDTM (2024) 8:1246-1253;
6. X.L. Xie, et al., <https://doi.org/10.1007/s41605-024-00495-4>;
7. Cong Guo, PoS TAUP2023 (2024) 178;
8. Cong Guo, Pos TAUP2023 (2024) 262;
9. Developing a BqL level  $^{131}\text{I}$  concentration in solution measurement system using NaI(Tl) crystal and SiPM, RDTM, under review;
10. Measuring the characterization of AFBR-S4N44P164M SiPM array at low temperatures for CEvNS detection, NIM A, under review;
11. Measurement of the radon concentration in the ultrapure water of the JUNO-LS UPW system, Bin Wang, et al., under review;
12. C.Y. Cui, et al., Eur. Phys. J. C 84, 120 (2024);
13. 一种 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 量级的气体氡浓度测量装置, 郭聪等, 202211415442.3, 已授权;
14. 一种 $\mu\text{Bq}/\text{cm}^2$ 量级的表面 $\alpha$ 测量装置, 郭聪等, 待提交;
15. COUSP2024, 郭聪, 江门中微子实验低氡超纯水研制;
16. COUSP2024, 郭聪, 高灵敏氡浓度测量装置;
17. BCVSPIN2024, Cong Guo, Prospects and status of the JUNO experiment;
18. 核与粒子青年“1+1”论坛, 低温晶体X射线探测器;

感谢各位!