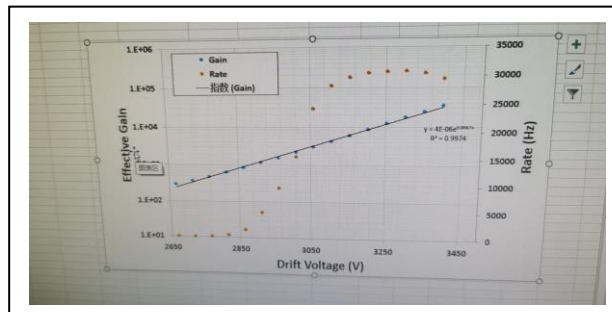
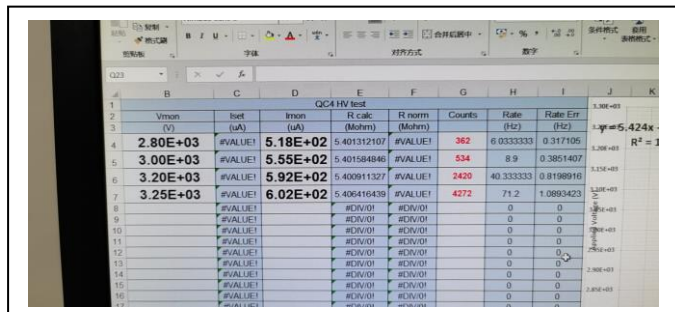
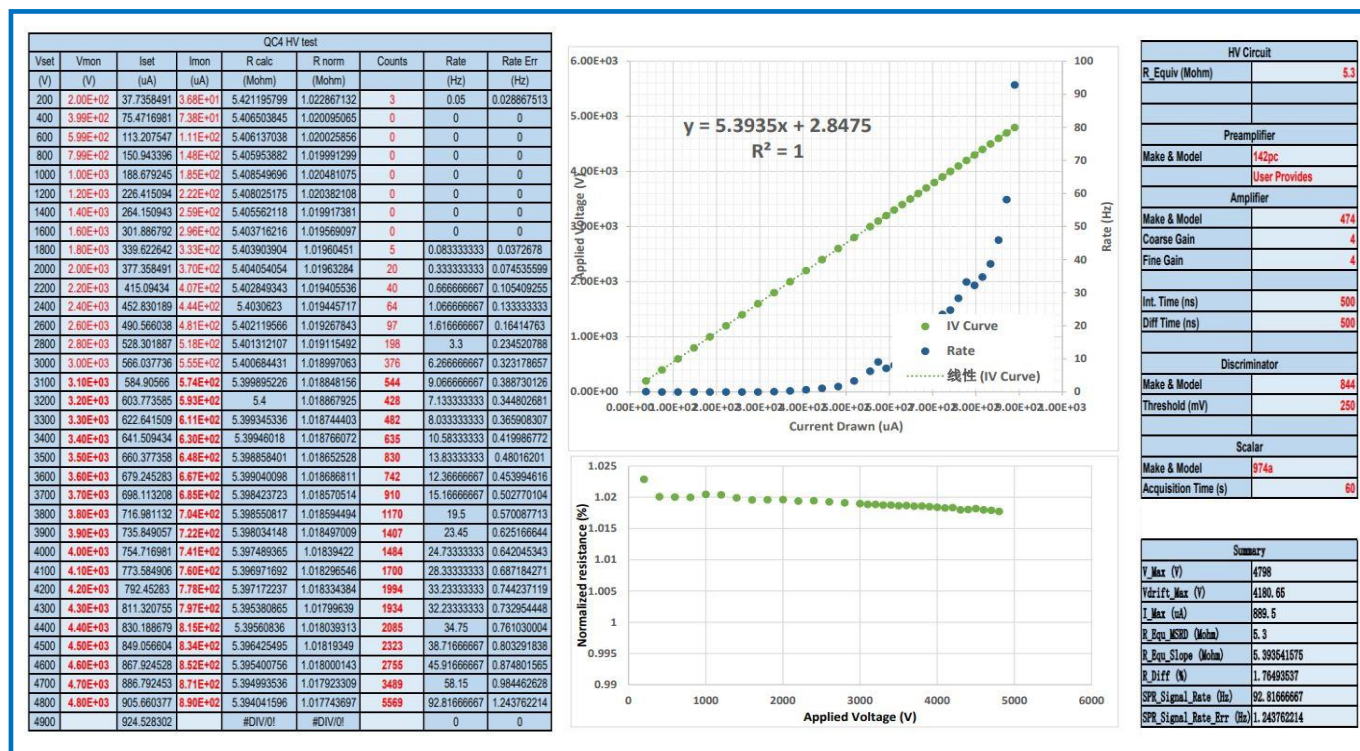


CMS-GEM 项目现场测试结果和国内、国外合作单位测试结果

2021 年 8 月 20 日, 专家组现场对结构与 CMS 升级标准探测器一致、有效面积 $10\times 10\text{cm}^2$ 的探测器样机以及研制的 CMS-GEM 探测器前端电子学板样机的性能进行了实际测试 (现场照片):

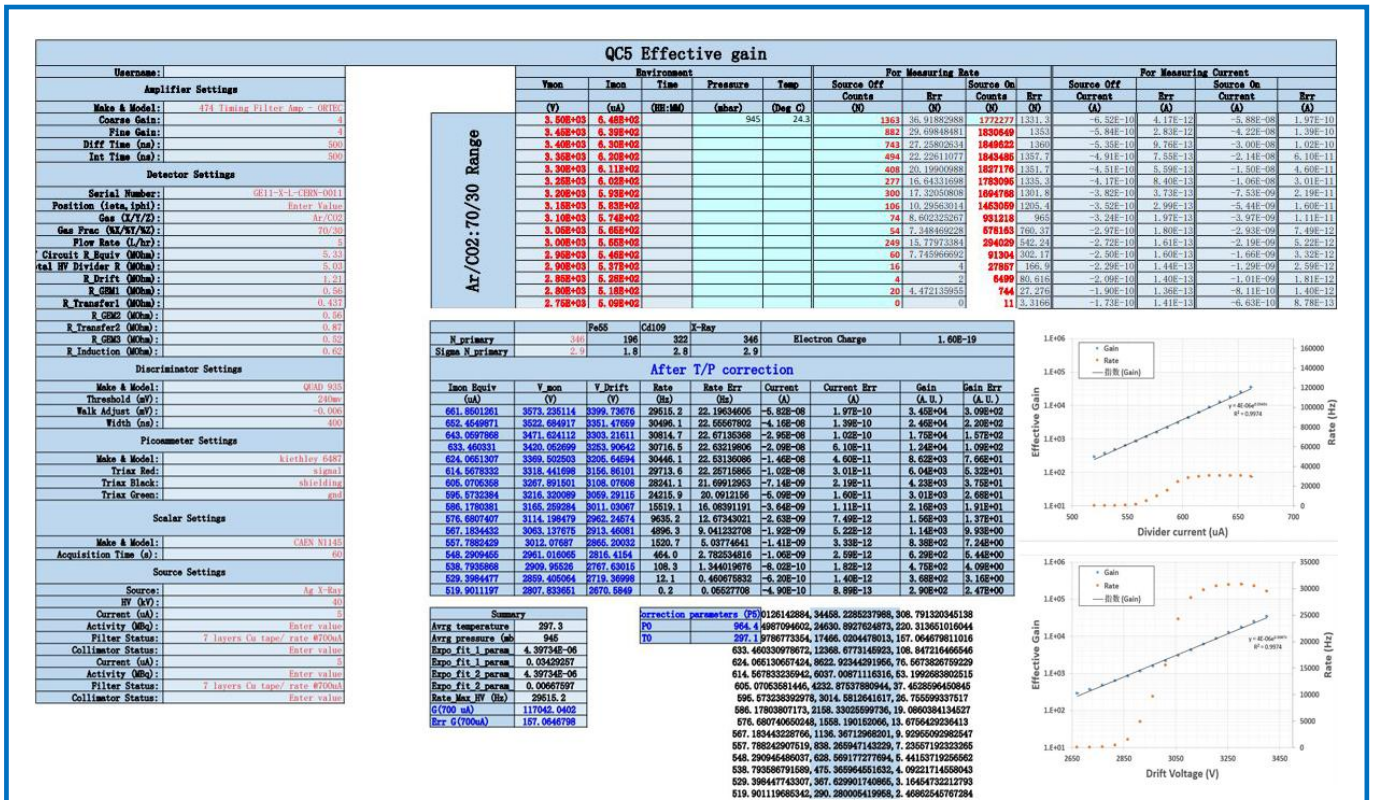


1) GEM 耐压性能测试: 对探测器进行高压扫描, 测试其电压-电流曲线和假信号情况:



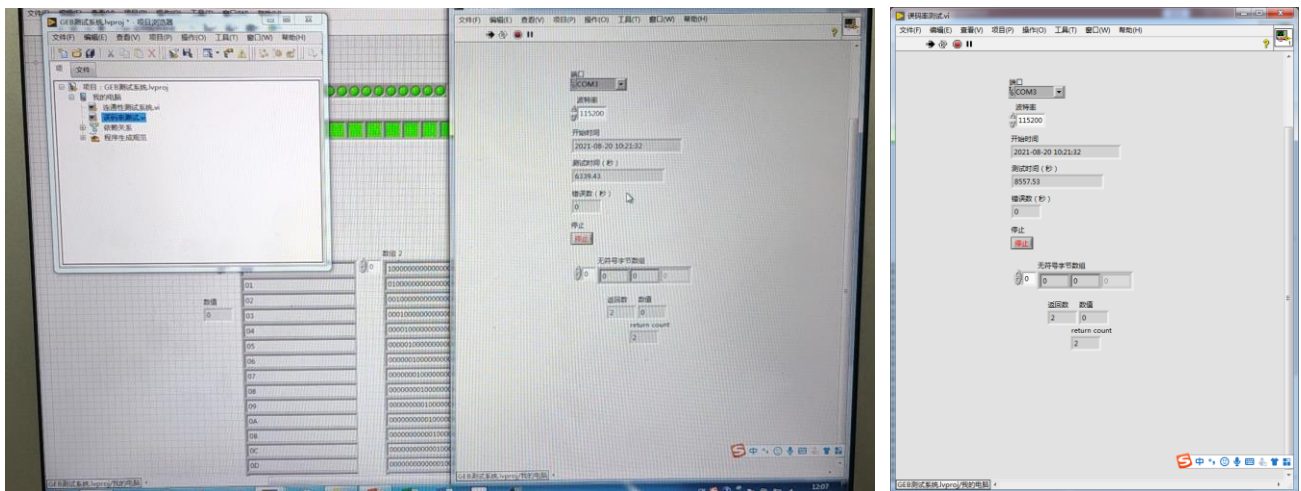
测试结果：工作气体下高压不低于 3600V，V/I 呈线性，假信号 $< 100\text{ Hz}$ ；

2) GEM X 射线测试: 在打开和关闭 X 射线的情况下对探测器进行高压扫描, 测量其增益:



测试结果：在高压 3400V 下，有效增益 $> 10^4$ 。

3) CMS-GEM 探测器前端电子学板样机连通性测试结果表明各信号道传输正常，测试设备运行正常。用 200M 信号实测~2.5 小时没观测到误码。



误码率现场测试结果：200Mbps 实测 $< 6 \times 10^{-13}$ 。

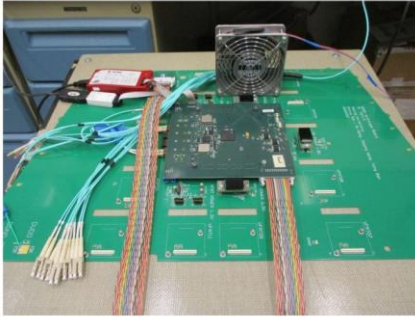
● 2019 年 1 月 17 日 GEM 合作组电子学会议上，Mikhail Matveev（美国 Rice University）报告了对北京大学研制的 GEB 板测试结果如下（报告第 6，7 页）

会议链接：<https://indico.cern.ch/event/787846/>，（GEM Phase-2 Electronics Meeting）

测试报告链接：

https://indico.cern.ch/event/787846/contributions/3275540/attachments/1780084/2895559/OH_status_01_19.pdf

Connectivity Test



- Slow software driven data transmission test
- Both M1 GEB boards have been tested
- All differential inputs from VFAT connectors to Artix-7 FPGA are OK

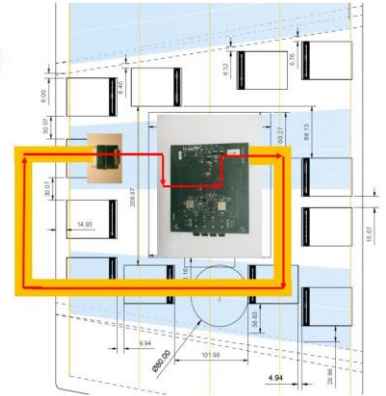
6

Data Transmission Test on M1 GEB

The goal: check data transmission at 320MHz via twisted pair cable

- 2 m long cable (much longer than the real Master-Slave connection)
- PRBS patterns from the Master/Slave connector to one of the VFAT slots

- no errors in ~1 hour (BER < 10^{-13})



7

测试结果：320Mbps 误码率 < 10^{-13} 。

- 2021年7月1日 GEM 合作组电子学会议上, Abhisek Datta(美国 University of California Los Angeles) 报告了对北京大学研制的新版 GEB 板误码率测试结果 (报告第 9 页)

会议链接: <https://indico.cern.ch/event/1052586/>, (GEM Phase-2 Electronics Meeting)

测试结果报告链接:

https://indico.cern.ch/event/1052586/contributions/4432487/attachments/2274323/3864540/ASIAGO_testing_status_07012021.pdf

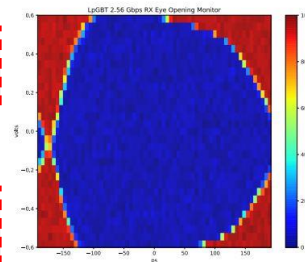
OH Testing: Optical Links to CVP13 Backend

Downlink (Backend to OH):

(✓) BER measured by counting FEC (Forward Error Correction) errors in the received data packets by the lpGBT : < 10^{-14}

Uplink (OH to Backend):

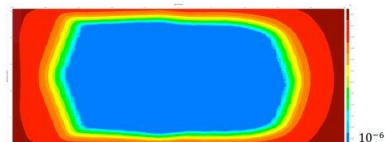
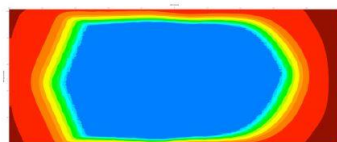
(✓) BER measured by counting FEC (Forward Error Correction) errors in the received data packets by the backend : < 10^{-14}



(✓) Downlink eye diagram at lpGBT: looks good

Uplink from boss lpGBT

Uplink from sub lpGBT



(✓) Uplink eye diagram at Backend: look good

July 1, 2021

GEM Phase-2 Electronics Meeting

9/18

测试结果：眼图正常；320Mbps 误码率 < 10^{-14} 。

- 4) 信号特征阻抗：委托深圳鑫诺捷公司对北京大学研制的多批次 CMS-GEM 前端电子学板测试了信号特征阻抗，结果为 100Ω ，误差 < 10%。

2019 年 4 月生产的一块 GE2/1_M3 GEB 测试结果如下：

IMPEDANCE MEASUREMENT REPORT

阻 抗 测 量 报 告

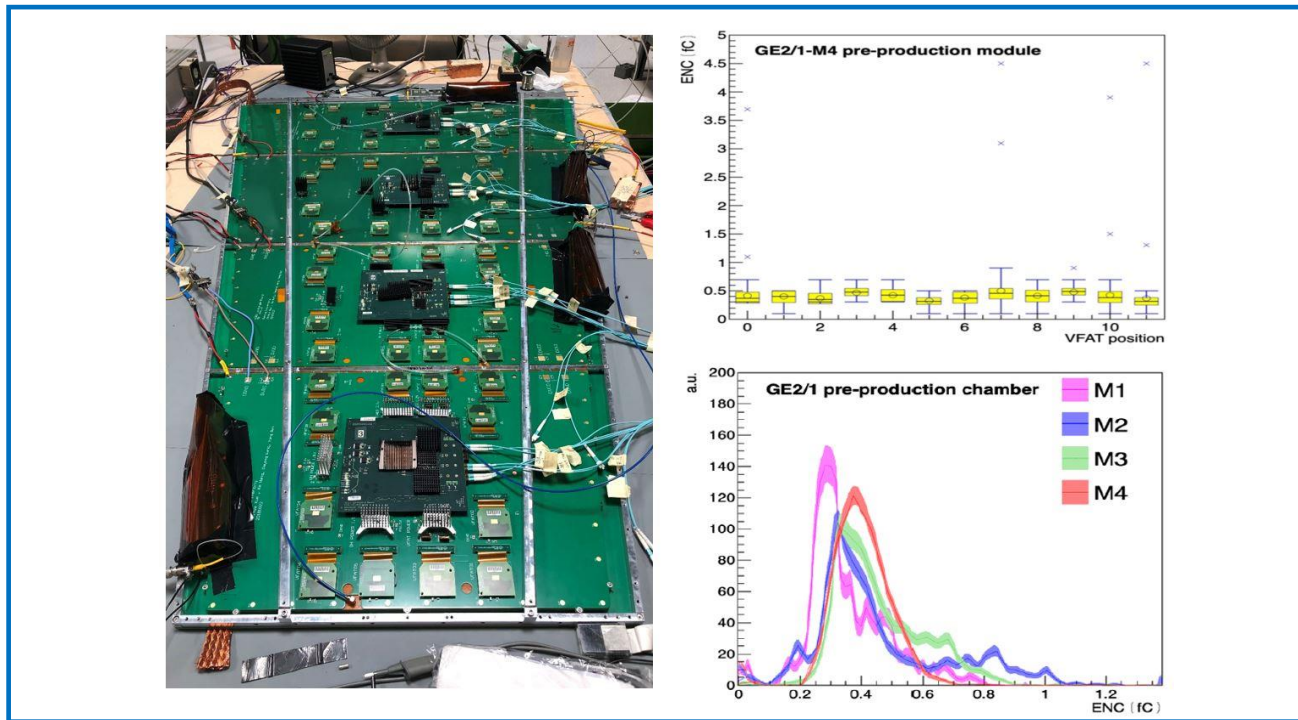
生产型号:		BS15663		生产周期:		/			
客户品名:		GE21_M3_v1		试样数量:		1PCS			
客户名称:		北京大学							
Measuring Equipment 测量仪器及型号: Agilent E5071C (TDR Time Domain Reflectometer)时域反射仪 Impedance Measurement 阻抗测量于: Finished Board 成品板									
Sample No 样品编号	Layer 层号	Line Width 线宽 (mm) +/-10%	Type of Impedance 阻抗类别		Impedance Requirement (ohm) 阻抗值要求	Tolerance 公差		Impedance Value 阻抗测试数 值	Result 结果
			Single Ended 单端	Differenti al 差动		+	-		
1	L1	0.1	/	√	100	10	10	100.25	ACC
	L2	0.1	/	√	100	10	10	100.36	ACC
	L7	0.1	/	√	100	10	10	100.47	ACC
Remarks(备注):									
结果: 合格(Acc) ☒ 不合格(Rej) ☐									
测试:		SMWU		日期:		2019-4-6			
审核:		FGAO		日期:		2019.4-6			

文件编号 NO.D-C-QA-110-01 Rev:1.2

5) 组装成的 GEM 探测器整体噪声水平测量

北京大学研制的 GEB 板和气体室、读出电子学芯片等组装成整体 GEM 探测器后,可以测量信号整体噪声水平测试结果。测试在 CERN 及美国 Rice、FIT 等大学进行。

- 2020 年 5 月在 CERN 对组装的 GE2/1 M1,M2,M3,M4 四种型号 GEM 探测器进行了噪声测试结果如下,所有四种型号 GEM 探测器的噪声均在 0.3~0.5 fC。



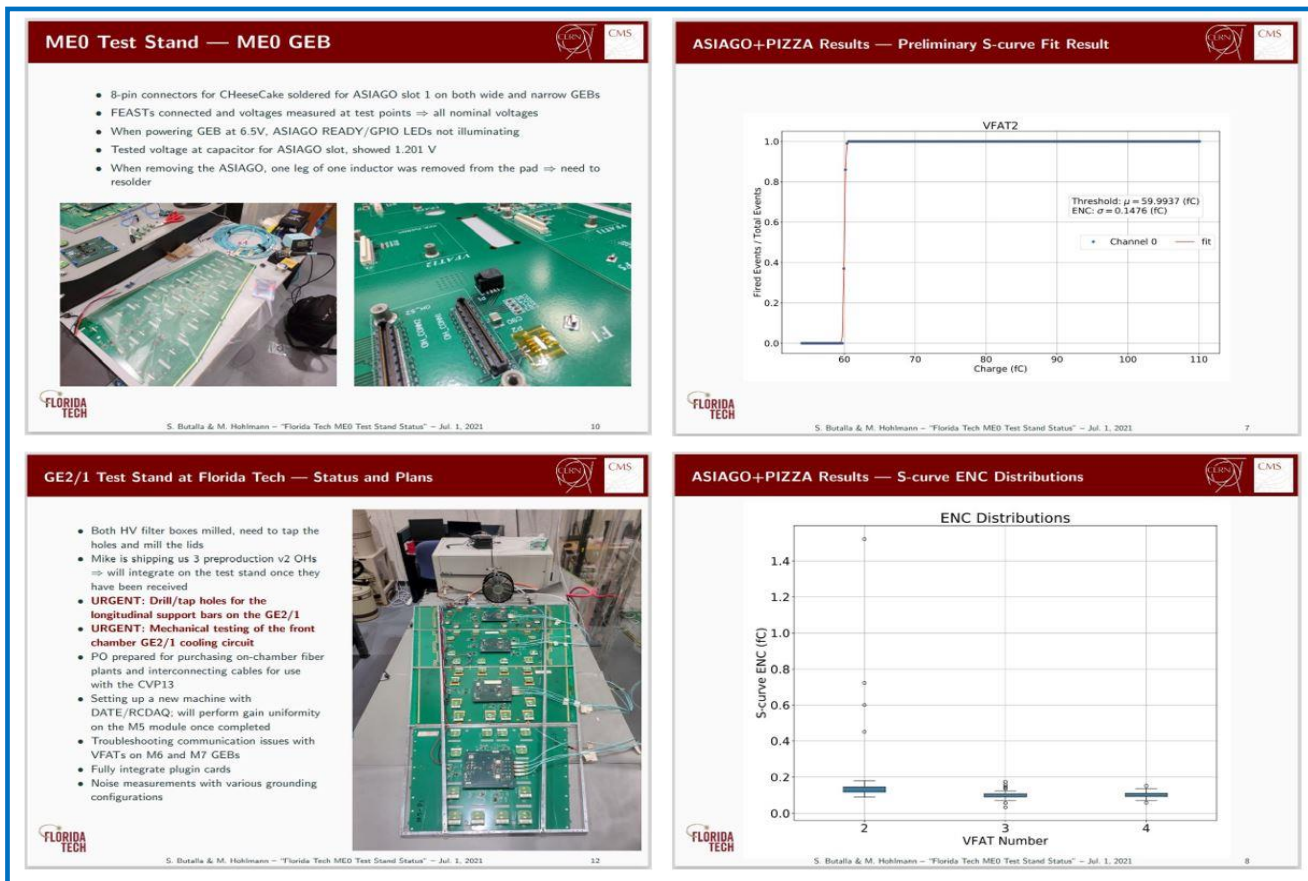
结果发表在论文“应用于气体电子倍增器的电子学板的研制”，王珂 等，《原子能科学技术》第 54 卷第 6 期，2020 年 6 月。

- 2021 年 7 月 1 日 GEM 合作组电子学会议上，Stephen Butalla(美国 Florida Institute of Technology) 报告了用新版 GEB 组装的 GEM 探测器噪声测试结果。

会议链接：<https://indico.cern.ch/event/1052586/>，（GEM Phase-2 Electronics Meeting）

测试结果报告链接：

https://indico.cern.ch/event/1052586/contributions/4430578/attachments/2274882/3864296/FIT_TestStand_20210701_Butalla.pdf



测试结果：

（右上图）读出模块 VFAT2 噪声 $\sigma = 0.1476$ (fC), （右下图）三个读出模块噪声均小于 0.2(fC)。

结论：组装成的 GEM 探测器整体噪声水平 < 1fC。