

液体キセノングループ報告

KEKDTP重点レビュー、2011年4月19日、KEK
田内利明

KEK：冷凍・純化システム、PMT、エンドプレート

田内利明、真木晶弘、春山富義、田中秀治、三原智、佐伯学行
笠見勝裕(冷凍システム構築)、鈴木祥仁 (モニター:Labview)

佐賀大：TPC

杉山 晃

東大：DAQ、TPCテスト

森俊則、千葉哲平 (M2)

放医研：PETとしての性能仕様とシミュレーション

熊田雅之、富谷武浩、寅松千枝

横浜国大：液体キセノン基本特性、APD、ASICチップ

中村正吾、高木雄太、遠藤雄也 (M2)

協力支援：KEK素核研回路室、田中真伸氏

レビュワー：海野義信 (KEK)、柴村英道 (埼玉県立大)

これまでの研究内容

2007年4月 KEL測定器開発室へ提案

2007年4月 - プロトタイプ試験準備

2008年2月 新実験室完成・引越

2008年4月30日 冷凍機システムの完成

2008年5月7日 容器に液体キセノンを満たした

(TPCは設置せず、液化課程の試験)

2008年5月22日 最初のシンチレーション光の観測

2009年2月25日 最初の宇宙線による電荷シグナルの観測

(純化・循環開始後11日目)

2009年3月31日 最初の α 線による電荷シグナルの観測

(純化・循環開始後45日目, 1cmドリフト)

2009年4月24日 4ch PADs, 1cmドリフトTPC試験開始

2009年度 第1実験経過

- 4/24 15:04 チェンバーの真空引きを開始
 - 4/27 -30 真空ビルドアップ試験を3回行う; 到達真空度 1.4×10^{-4} Pa
 - 5/2 12:15 4ℓ /分のXeガス循環速度で『ガス位相』の循環開始
 - 5/10 16:52 最初の宇宙線による電荷シグナルの観測 (8日後)
 - 5/20 17:40 1ℓ /分のXeガス循環速度で『液体位相』の循環へ変更
 - 5/22 14:44 最初のα線による電荷シグナルの観測 (20mV) (20日後)
 - 6/29 17:15 α線による電荷シグナルの大きさ=100mV w/o LPF
 - 6/25 -7/9 電荷とシンチレーションシグナルのTPC電場依存性を測定
 - 7/23 - 31 4chのプレアンプ(A250)を用意
 - 8/14 -17 宇宙線トリガーで測定, トリガー頻度=約 1 / 分
 - 9/10 藤井 (東大M1) 物理学会発表
東 (佐賀大D3) ASIC-FEチップR&D 物理学会発表
- (精製循環開始からの日数)

2010年 第2実験経過

- 1/31- 2/13 藤井 (東大) Subatechへ交換学生
- 3/14 -27 T.Oger 交換学生として来日
- 3/18 真空引き開始、3/20 ゲッターポンプON
- 3/23 液化開始、3/25 純化循環開始
- 3/29 放電ですべてのBF862(JFET)のG-S間ショート；交換
- 4/28 真空引き開始、5/12 液相循環精製開始
- 6/18 温度制御故障のため冷凍機停止
- 6/23 Xeガス (1気圧) でエレクトロニクスチェック (“小さ過ぎるシグナル”)
- 7/31 chamber内の配線間違いを発見 (FBとDrainが入れ替わっていた！)
- 8/5 - 12/4 AD829-preampの発振対策 (GNDと一緒に)
- 9/2 - 14 Xeガス (0.14MPa 絶対圧) での試験
- 9/18 - 11/27 液体Xeでの試験 (実験室移動のため停止)
- 12/2 新実験室へ移動

2010-11年 第2実験経過 (続き)

12/3 16ch-NIM-AD829のテスト 全ch発振 断念し、A250を採用決定

12/10 - 31 液体Xeでの試験再開

12/24 - 2011 3/4 2SK152使用のドーターカードの最適化

2011

1/4 - 1/31 Xeガス (0.216MPa 絶対圧) での試験 (8ch FADC のDAQ)

メッシュグリッドの電荷通過率を測定

2/2 - 28 液体Xeでの試験; 精製循環の調整試験

2/16 16ch-NIM-A250入荷; これ以後、16ch FADCでDAQ

3/3 2SK152ドーターカード (0.1pF, 1G Ω) 12枚入荷

3/11 東日本大震災

4/1 大震災後の活動開始; 4枚のドーターカードの2SK152を交換

4/15 2SK152ドーターカードをchamber内へ設置

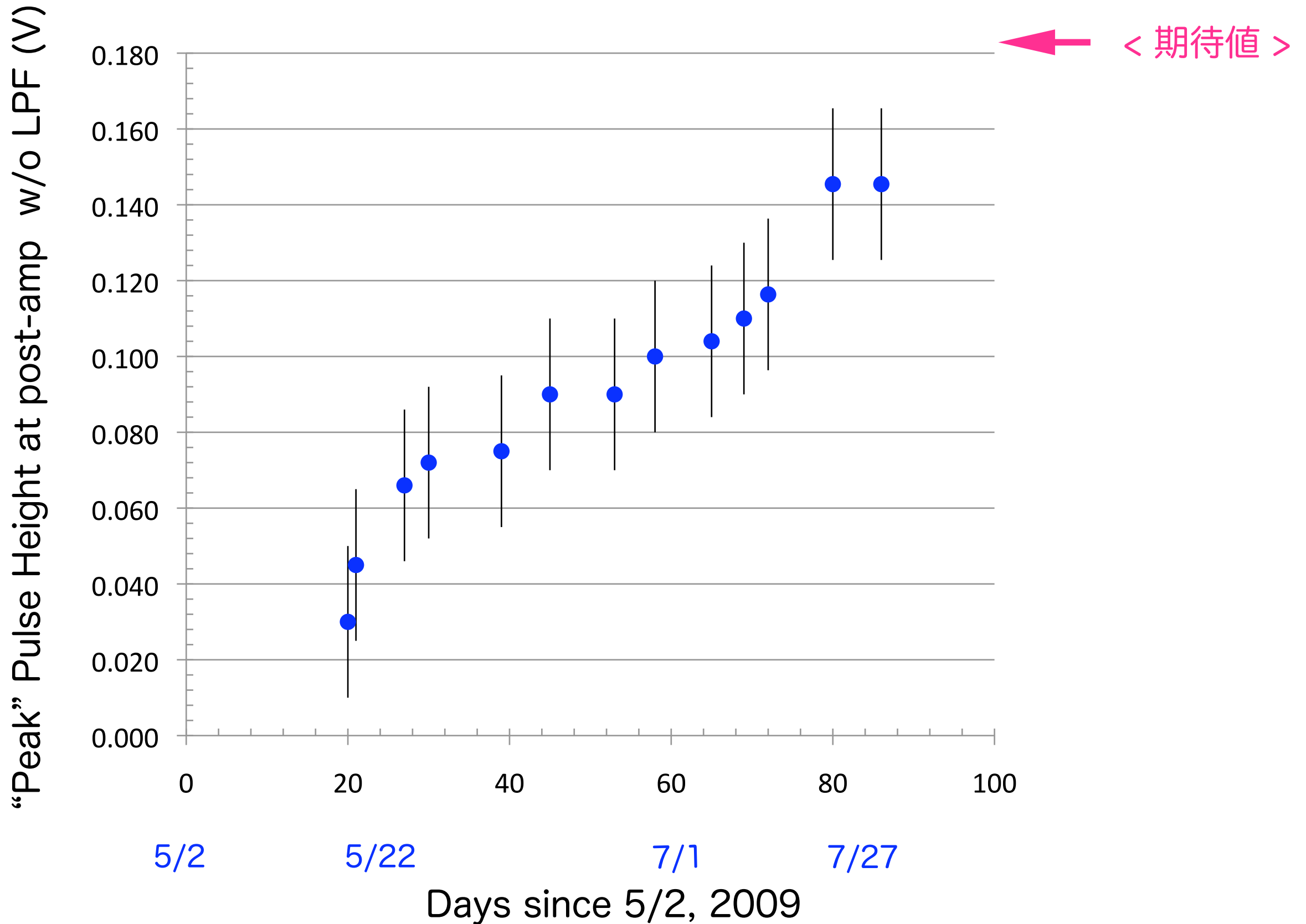
1. 投稿論文

なし

2. 学会発表等

- (1) 平成23(2011)年3月25日、日本物理学会、『TPC用フロントエンド集積回路開発』、東貴俊（佐賀大理工）他
2. 平成22(2010)年11月29-30日、"Liquid Xenon TPC for a gamma detector (LXeTPC)"、田内、The 2nd JAAWS , POSCO International Center, 浦項加速器研究所 (PAL), 韓国
3. 平成22(2010)年11月24-25日、"LIQUID XENON TPC R&D IN KEK"、三原、BINP-KEK Joint Workshop on liquid TPC, KEK
4. 平成21(2010)年6月15~16日、"Liquid Xenon TPC for a gamma detector (LXeTPC)" , T. Tauchi, FJPPL10 Workshop, LAPP, Annecy, France.

α 線シグナル (ch1, x80)



note - pulse height : w/o : w LPF = 1.5 : 1

第2実験

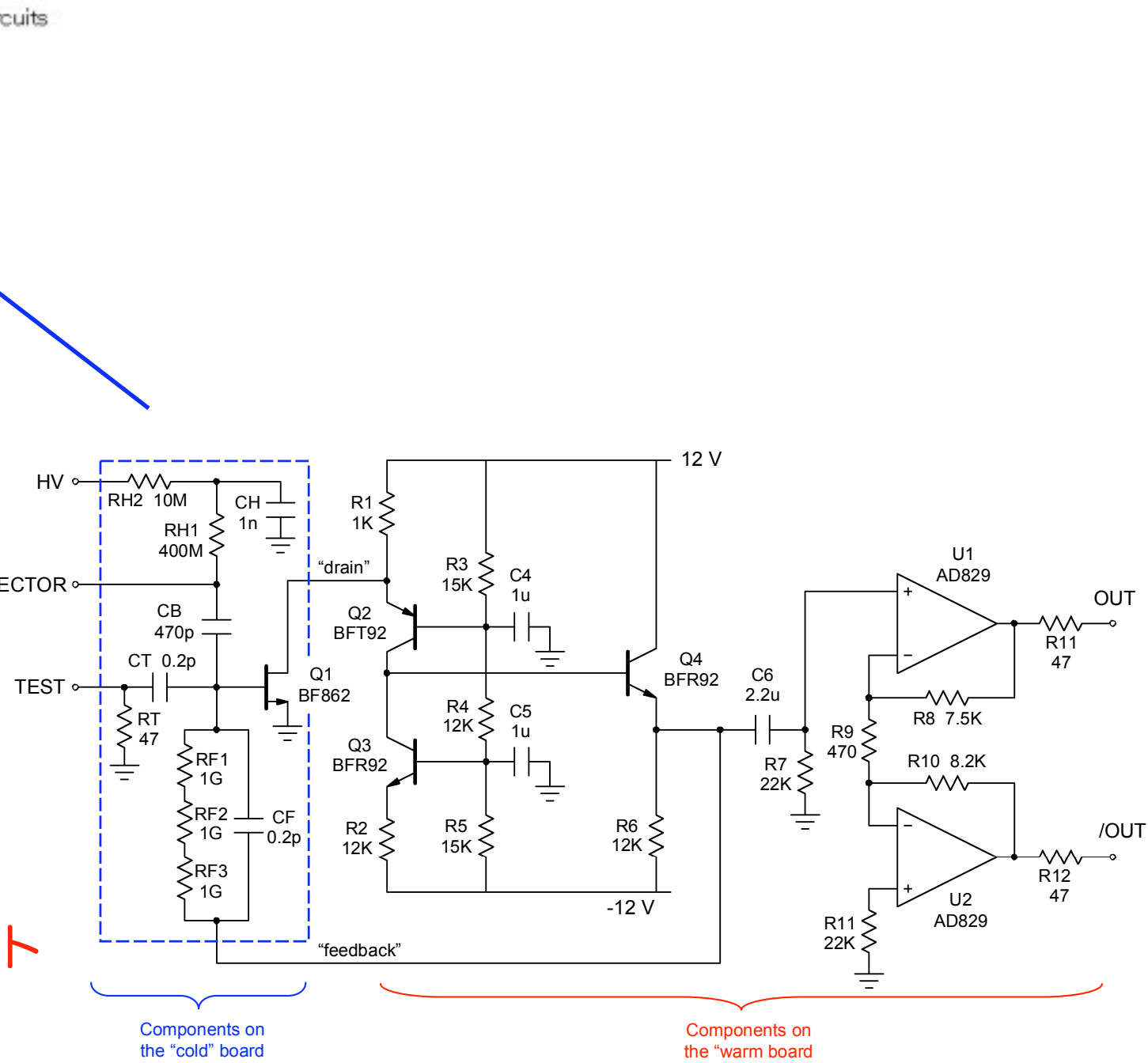
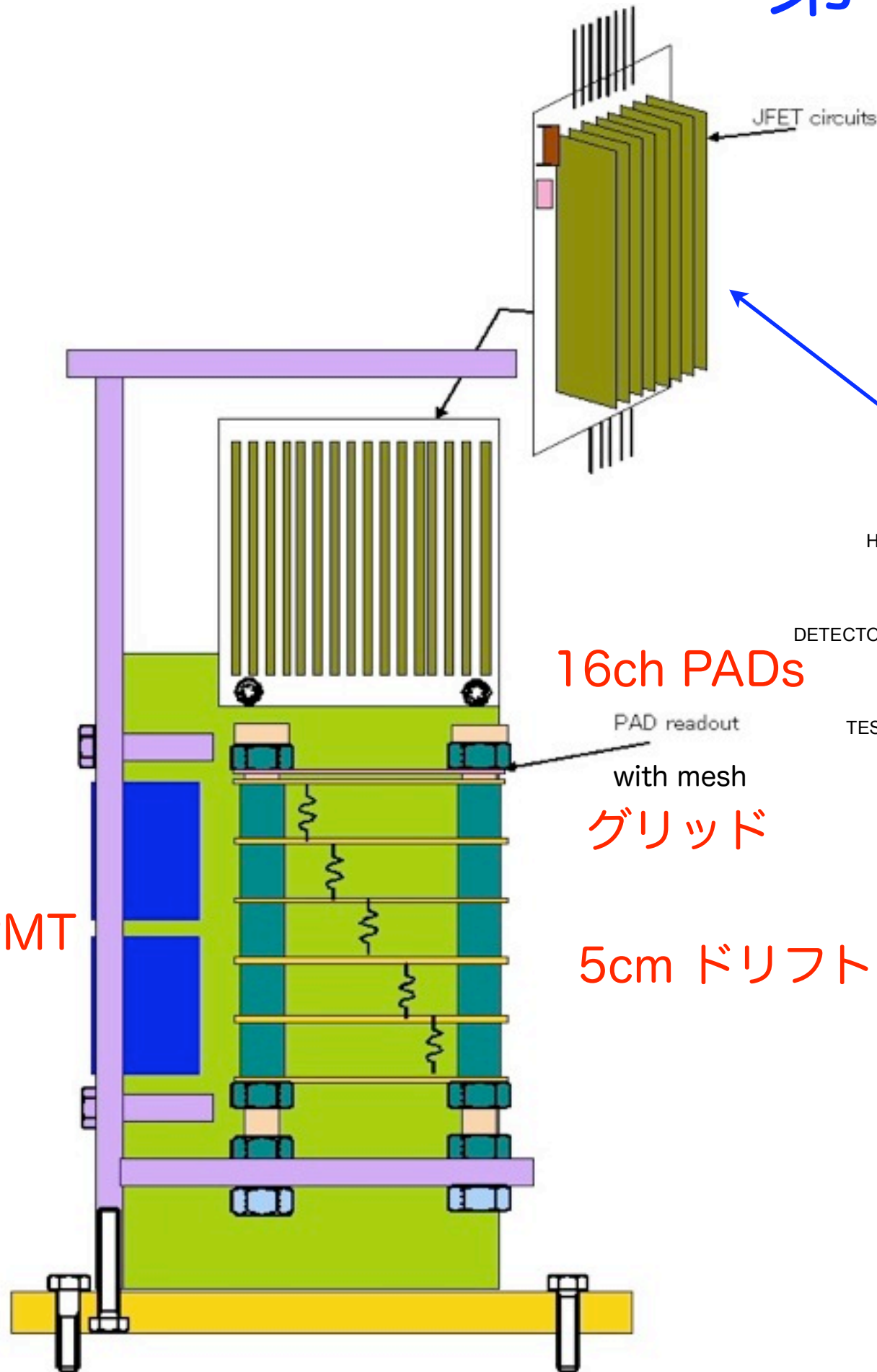


Fig. 3. Simplified schematic diagram of the charge sensitive preamplifier.

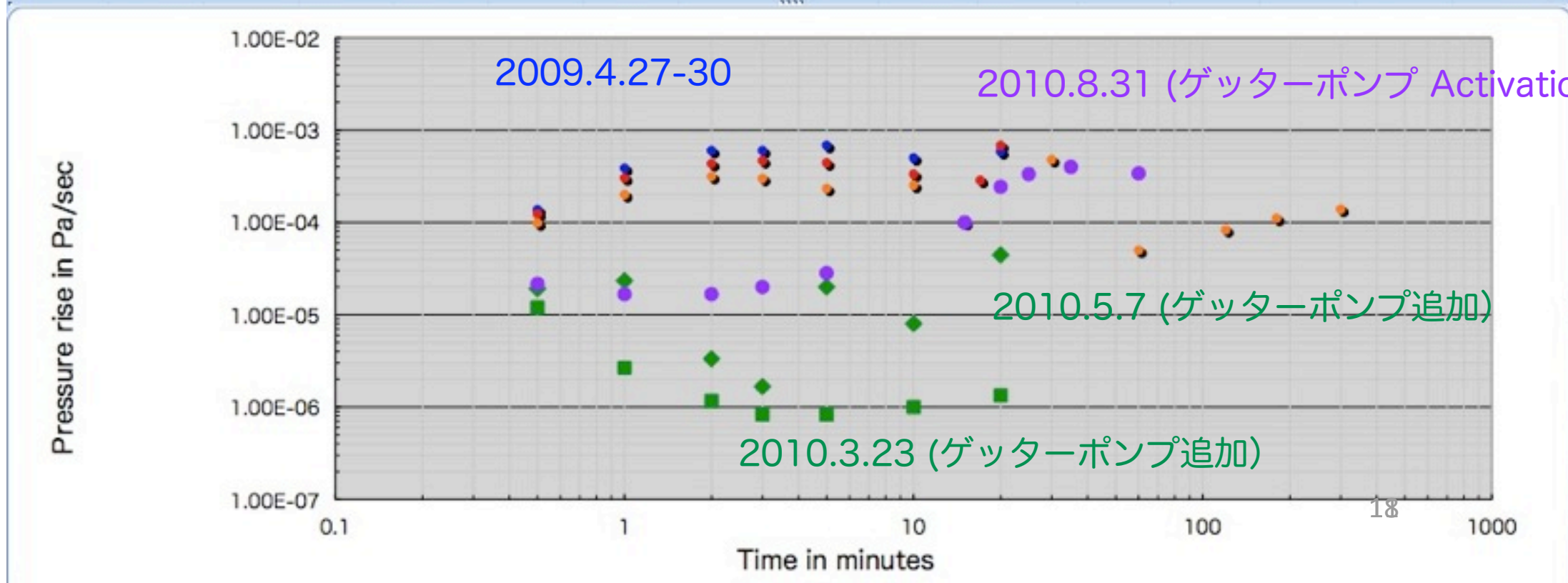
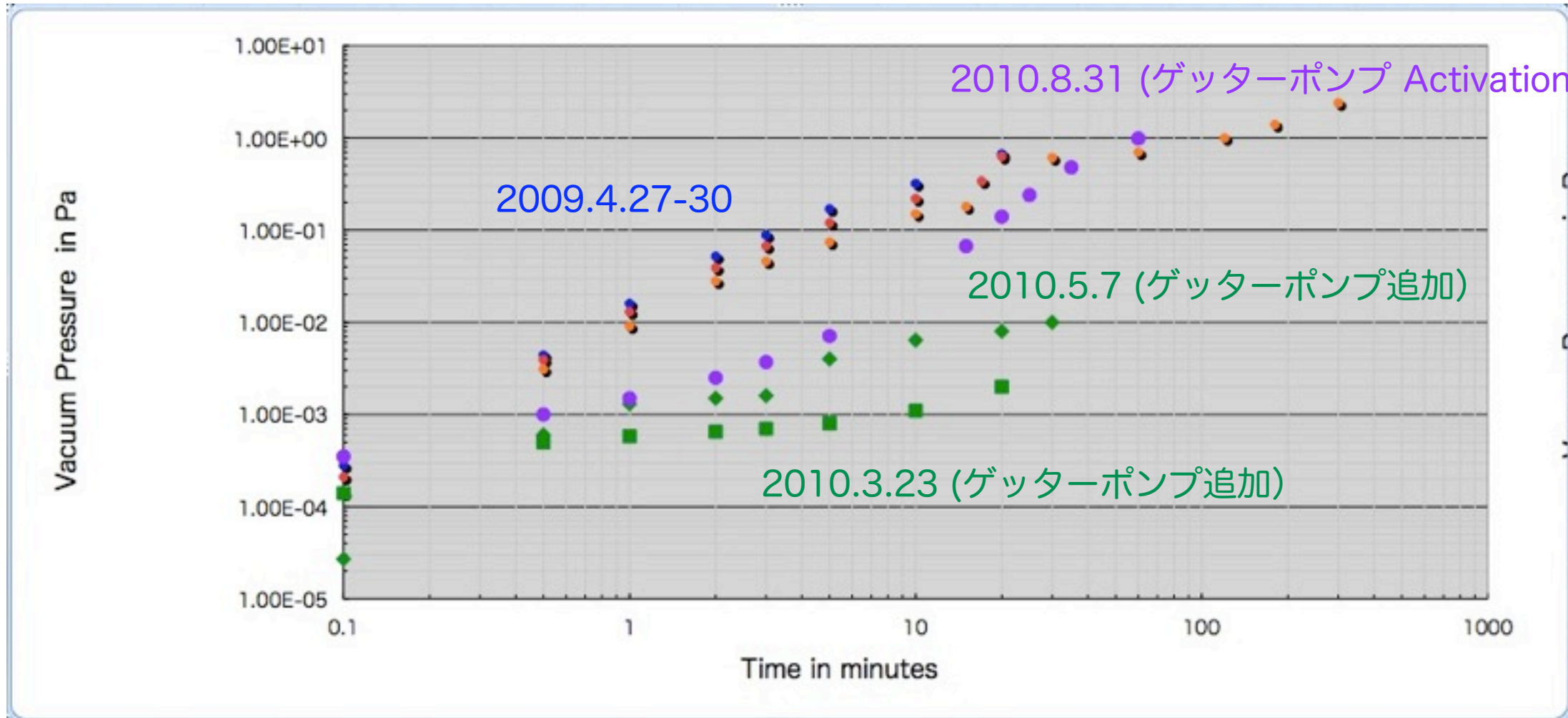
“A Cold Low Noise Preamplifier for Use in Liquid Xenon”, A. Pullia et al.



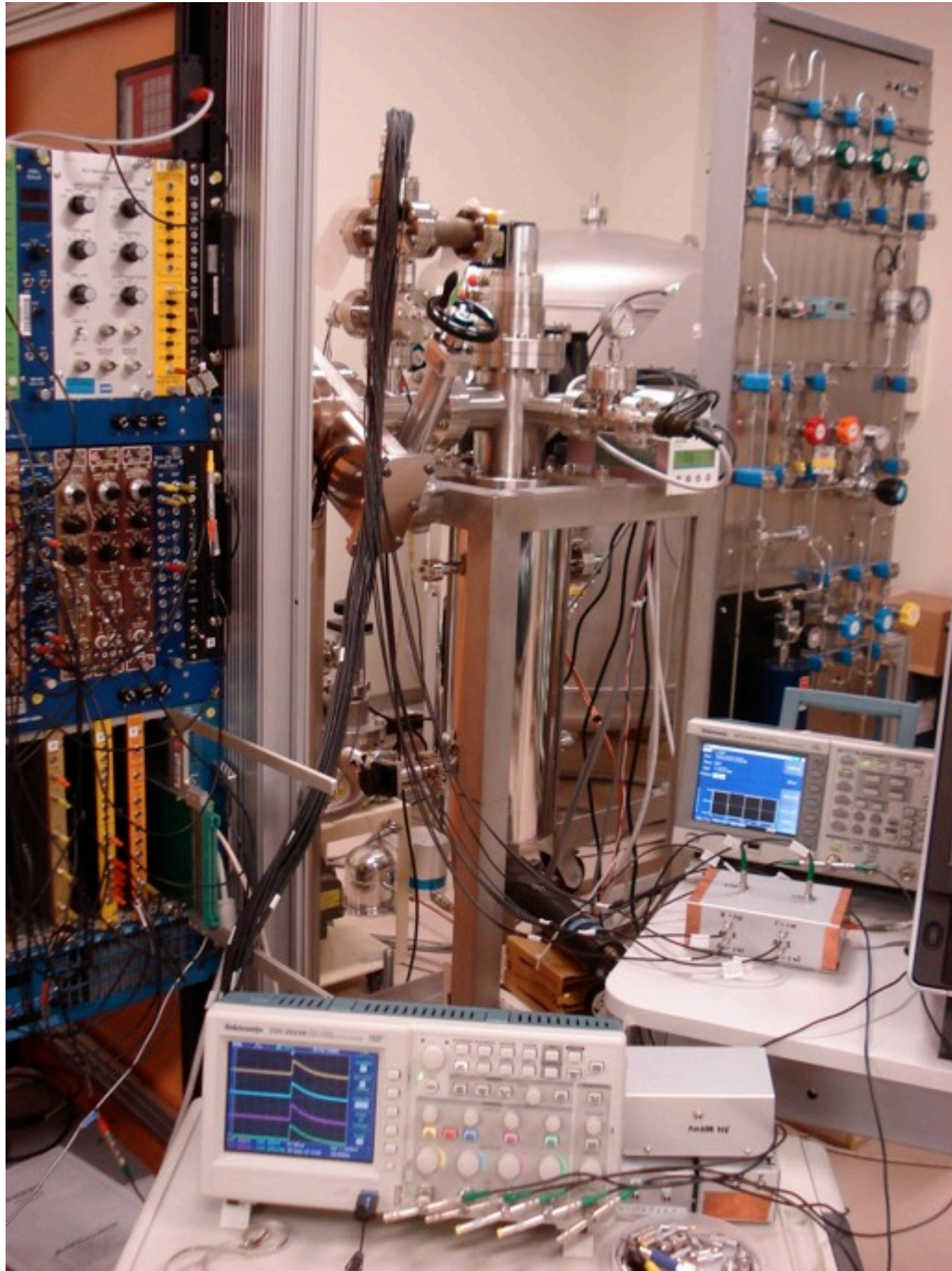
Getter Pump
(CapaciTorr D400-2)

真空 Build Up 試験

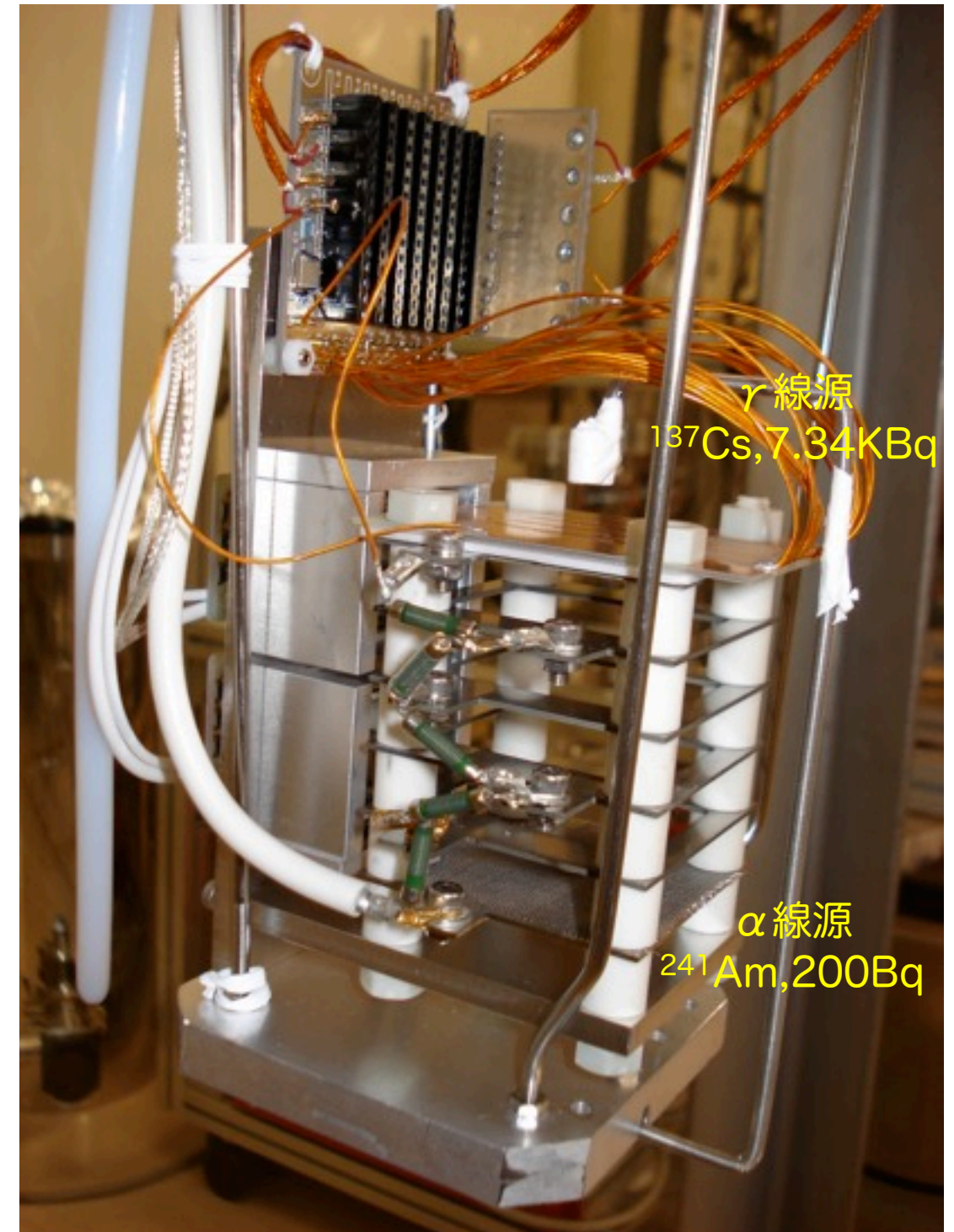
"Less than 1 Pa overnight", 道家先生のゴールデン則



Experimental Setup

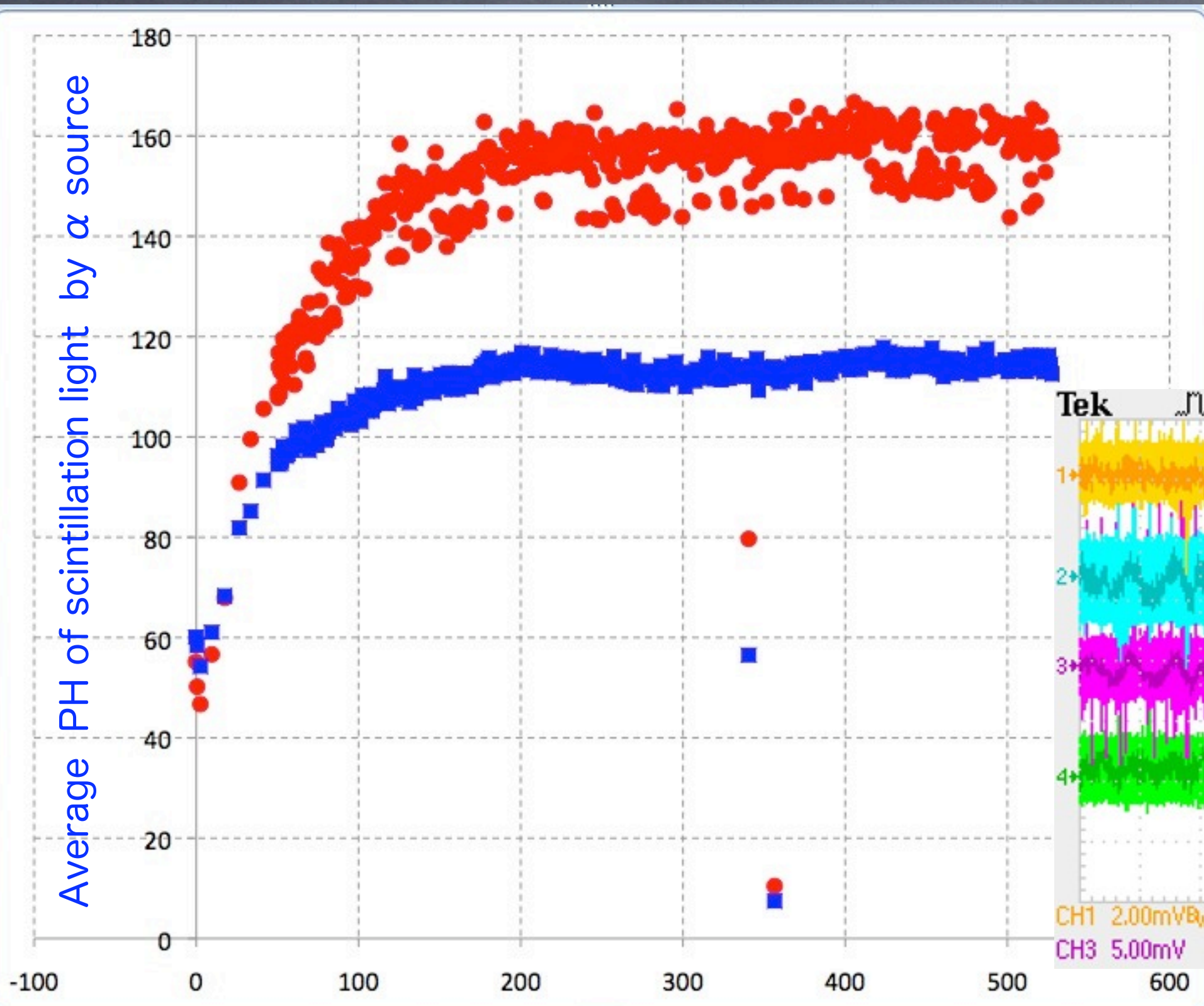


TPC prototype

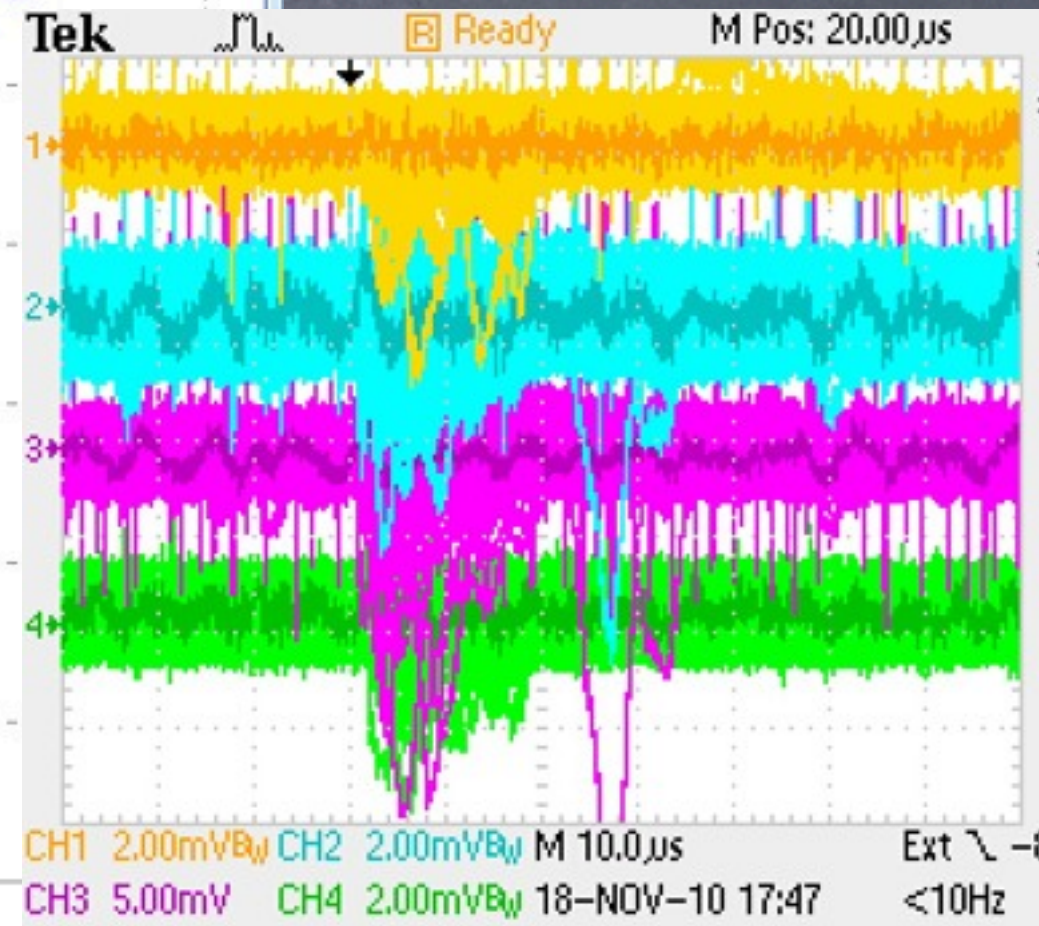


Light and Charge Signals

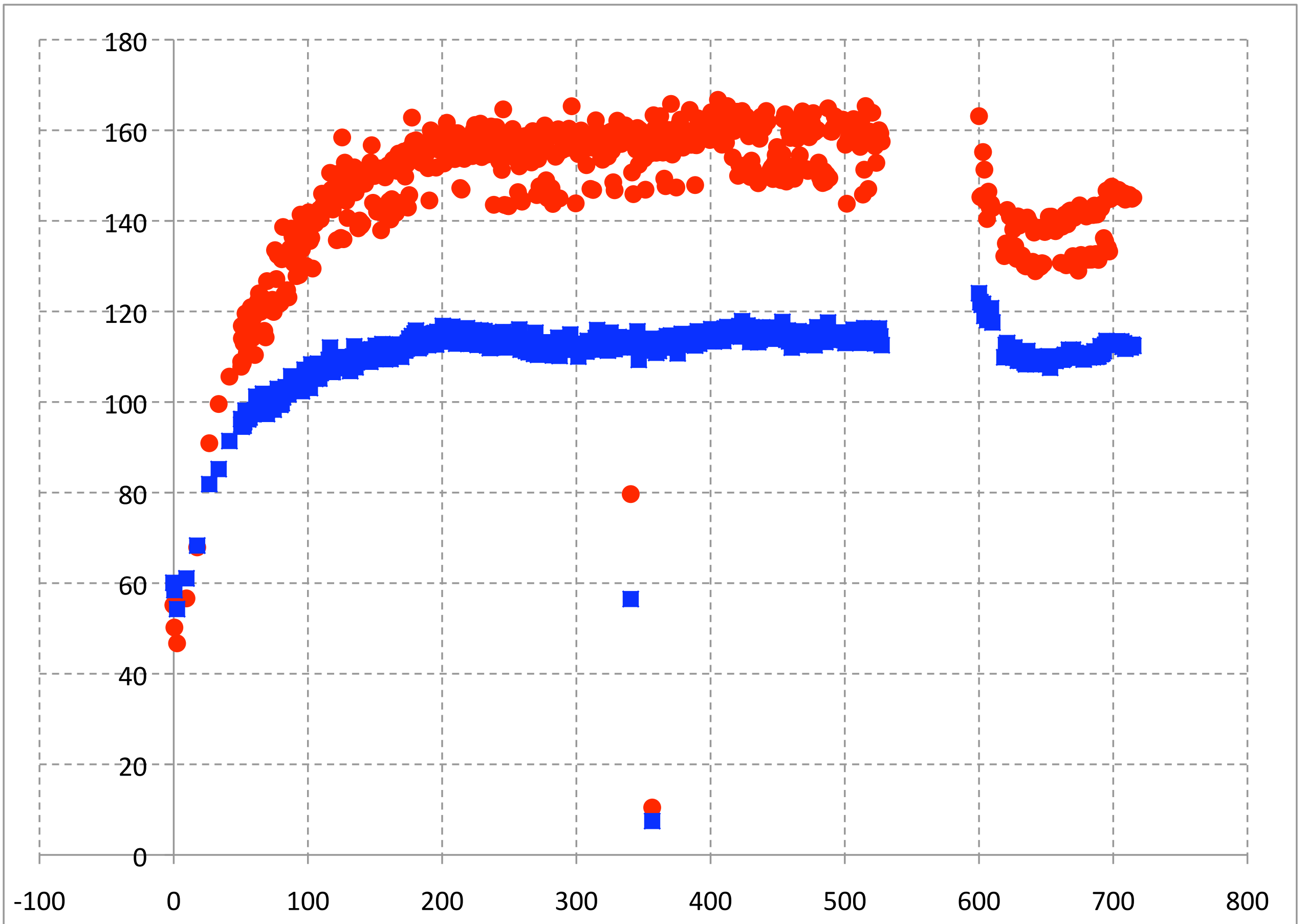
Average PH of scintillation light by α source



4 pads in the center
w/ cosmic ray trigger

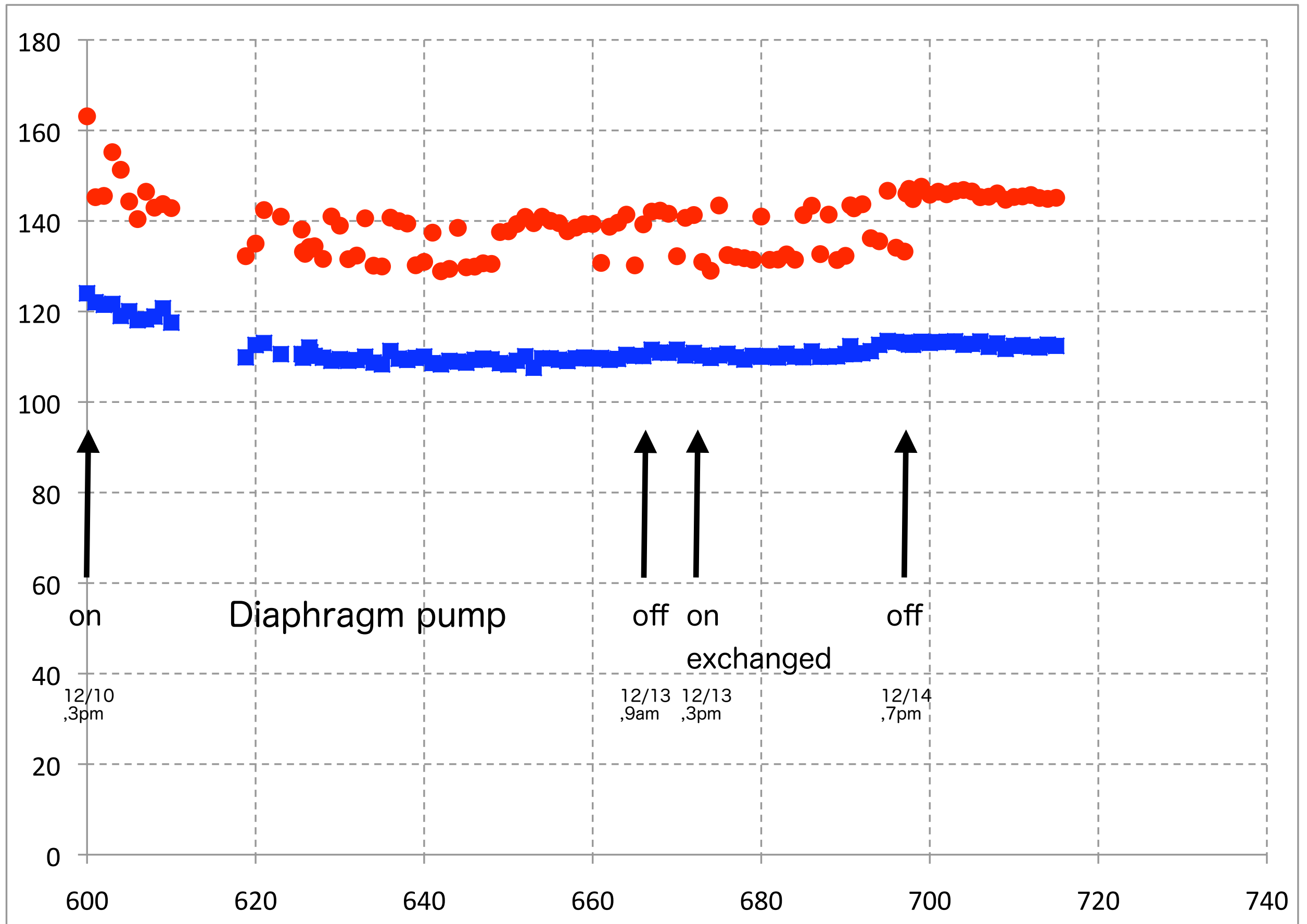


9/27 15:40 - purification started, unit in hour 10/20 17:00



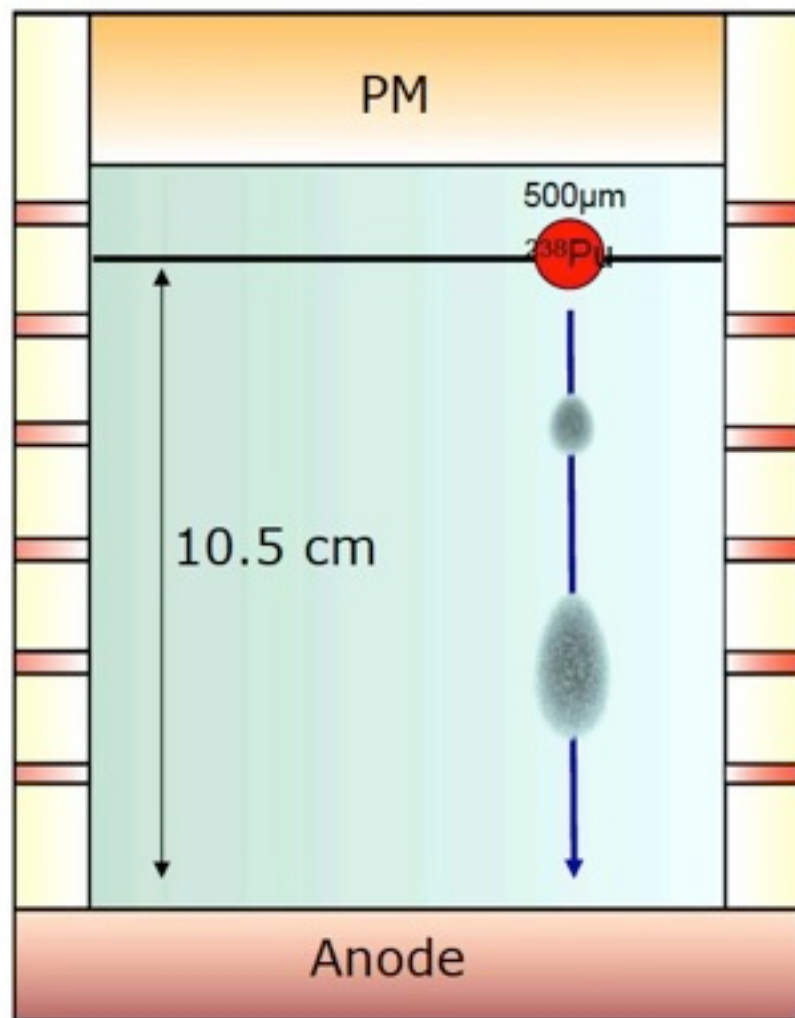
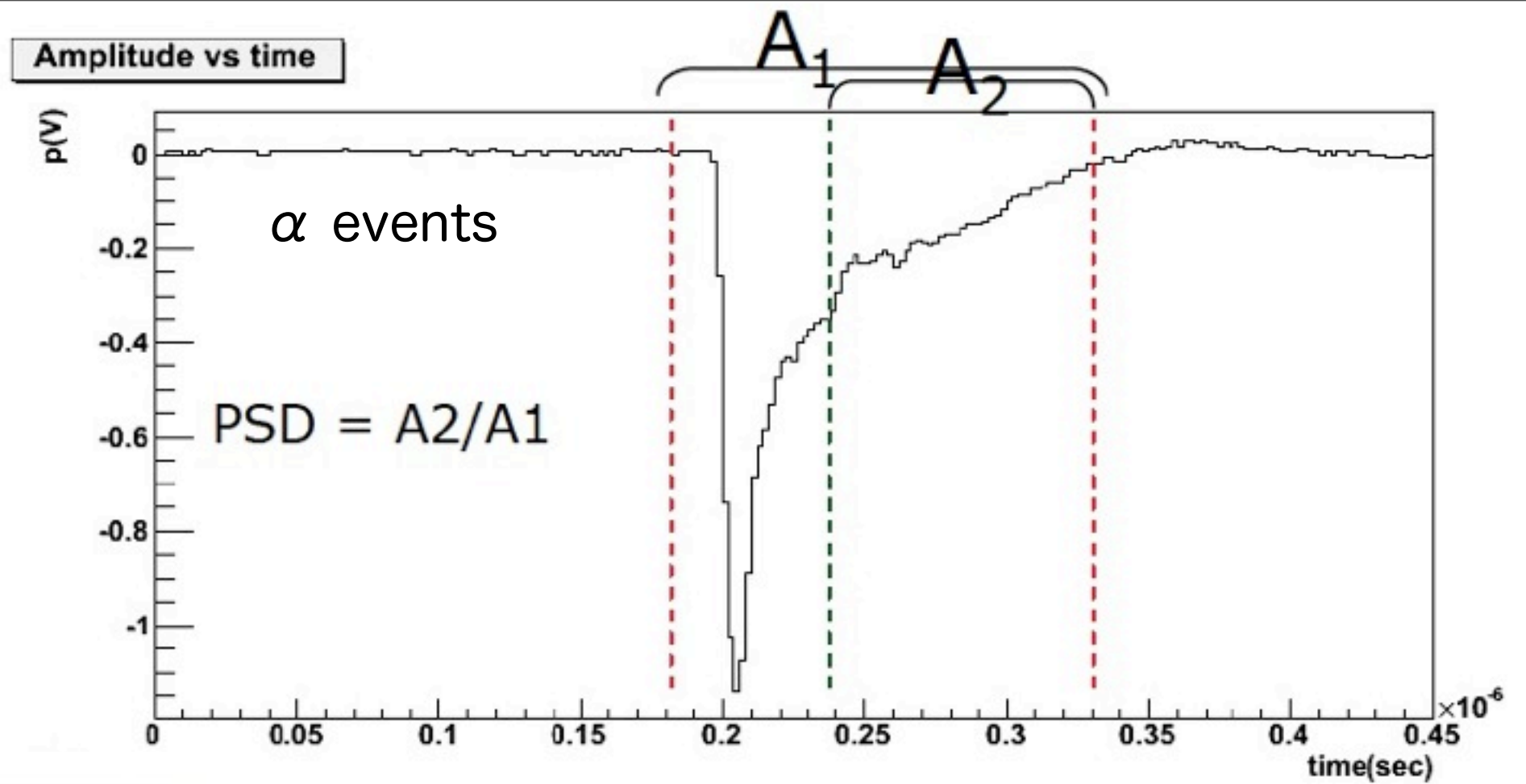
9/27 15:40 - purification started, unit in hour

12/10 15:02 - re-purification started

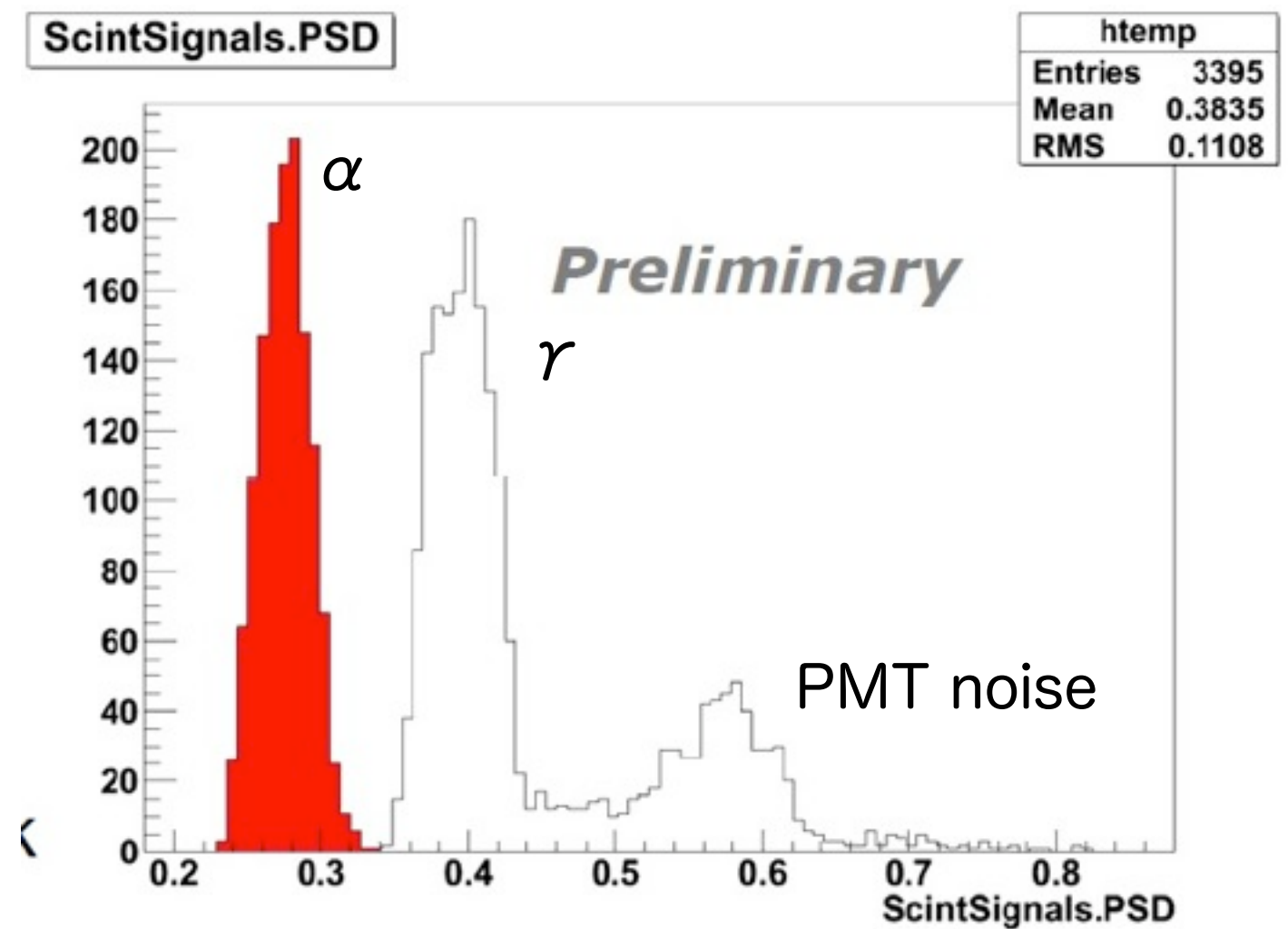


12/10 15:02 - re-purification started

PSD Analysis by Nantes group

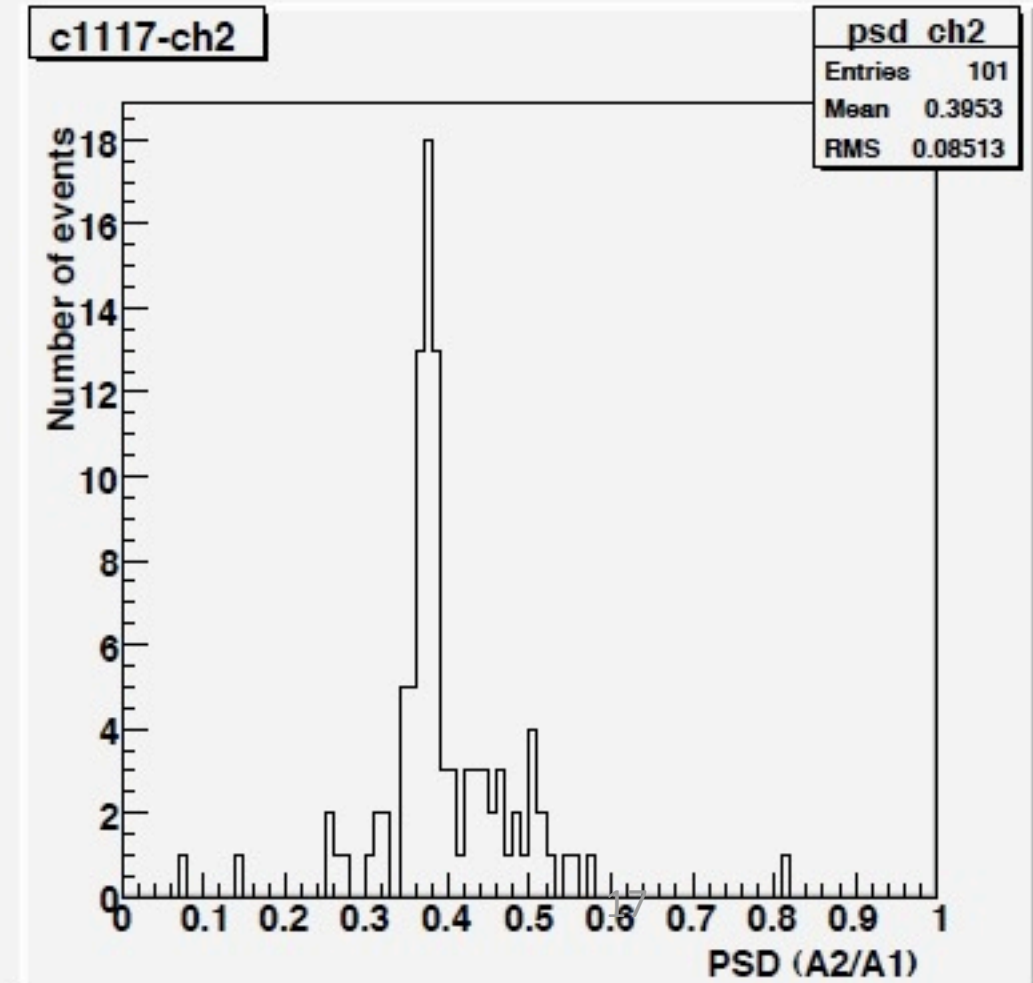
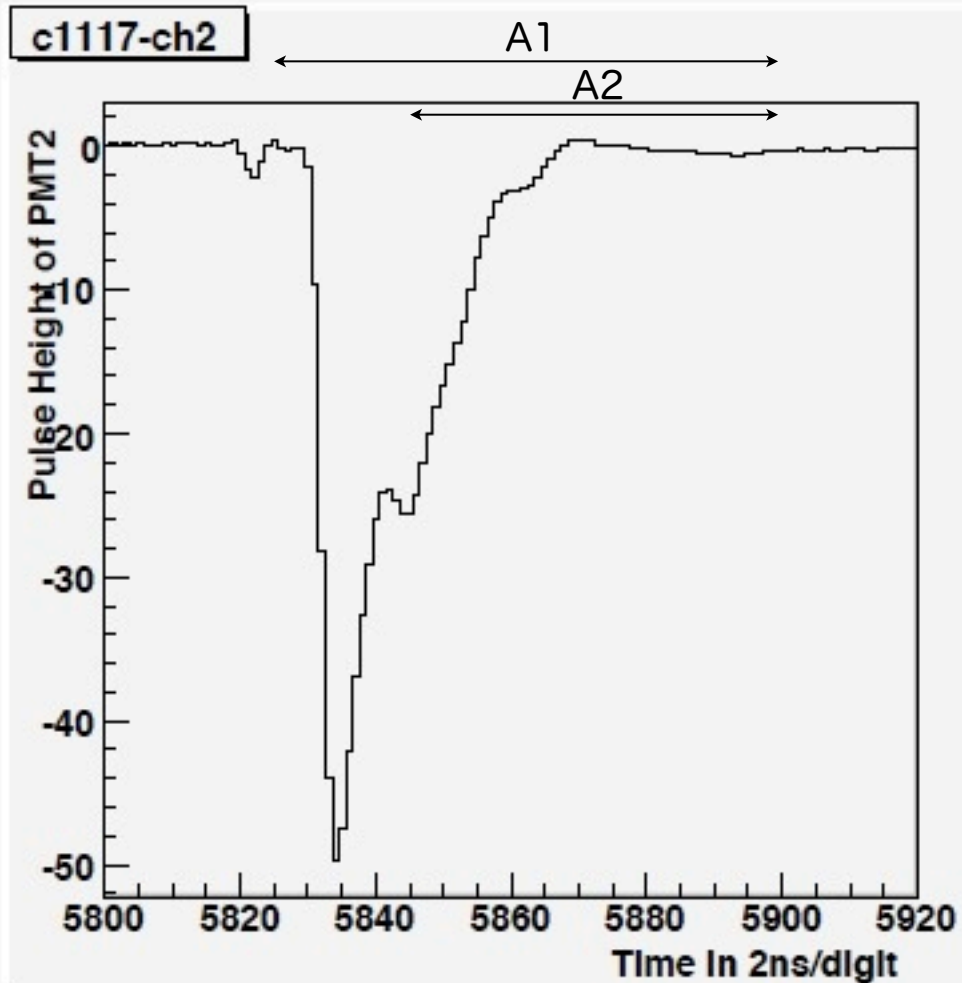
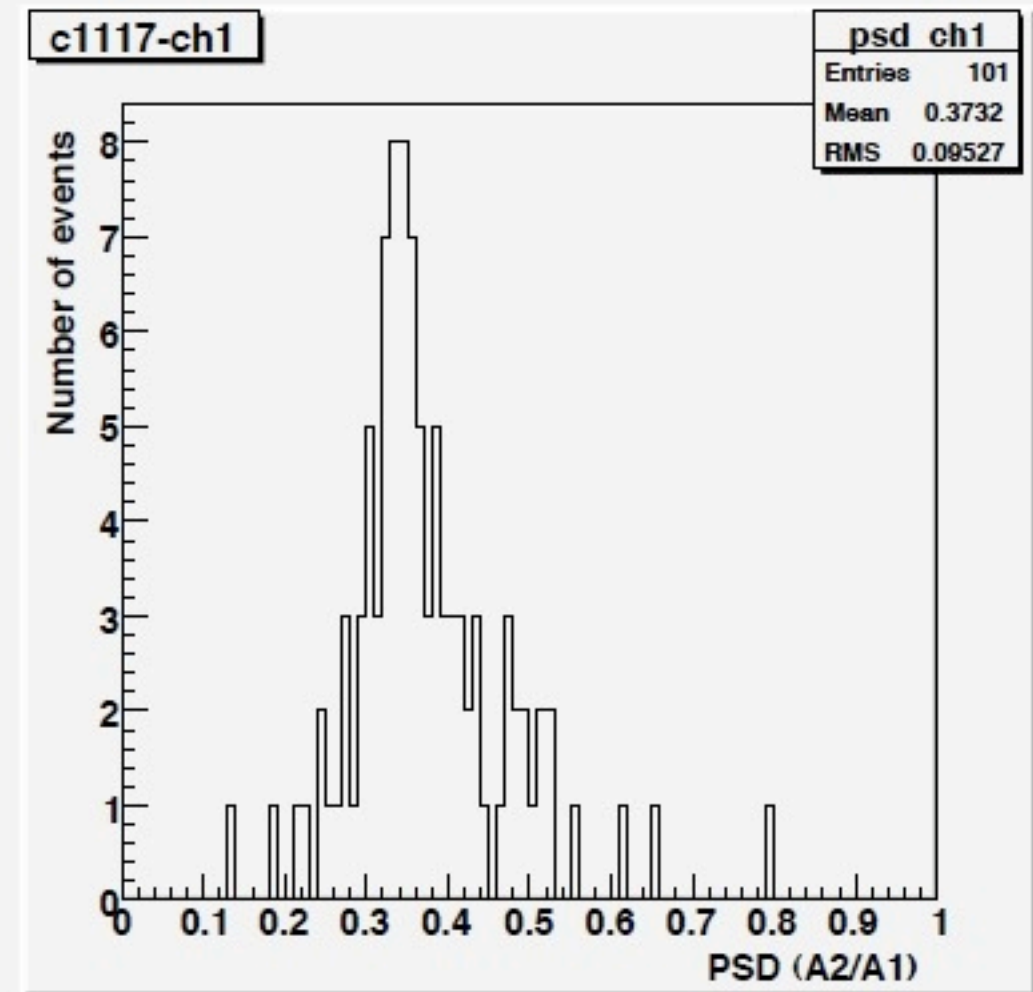
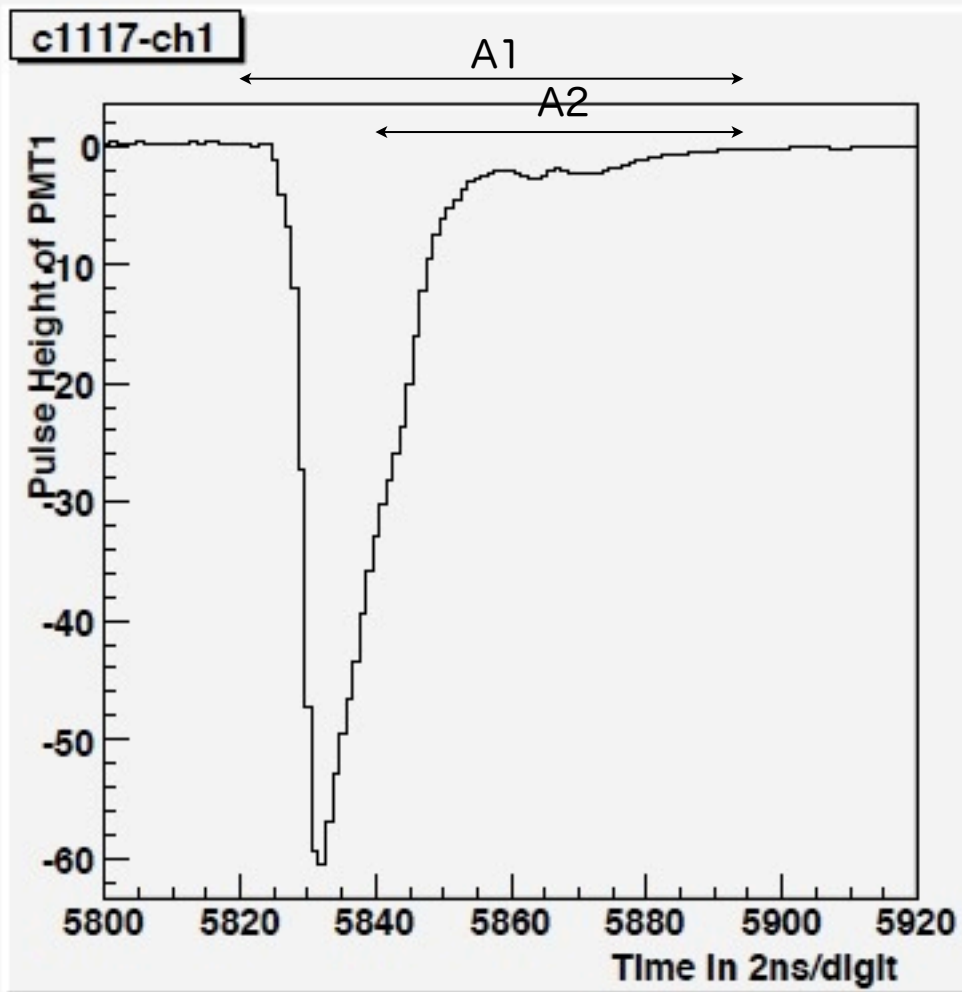


ScintSignals.PSD



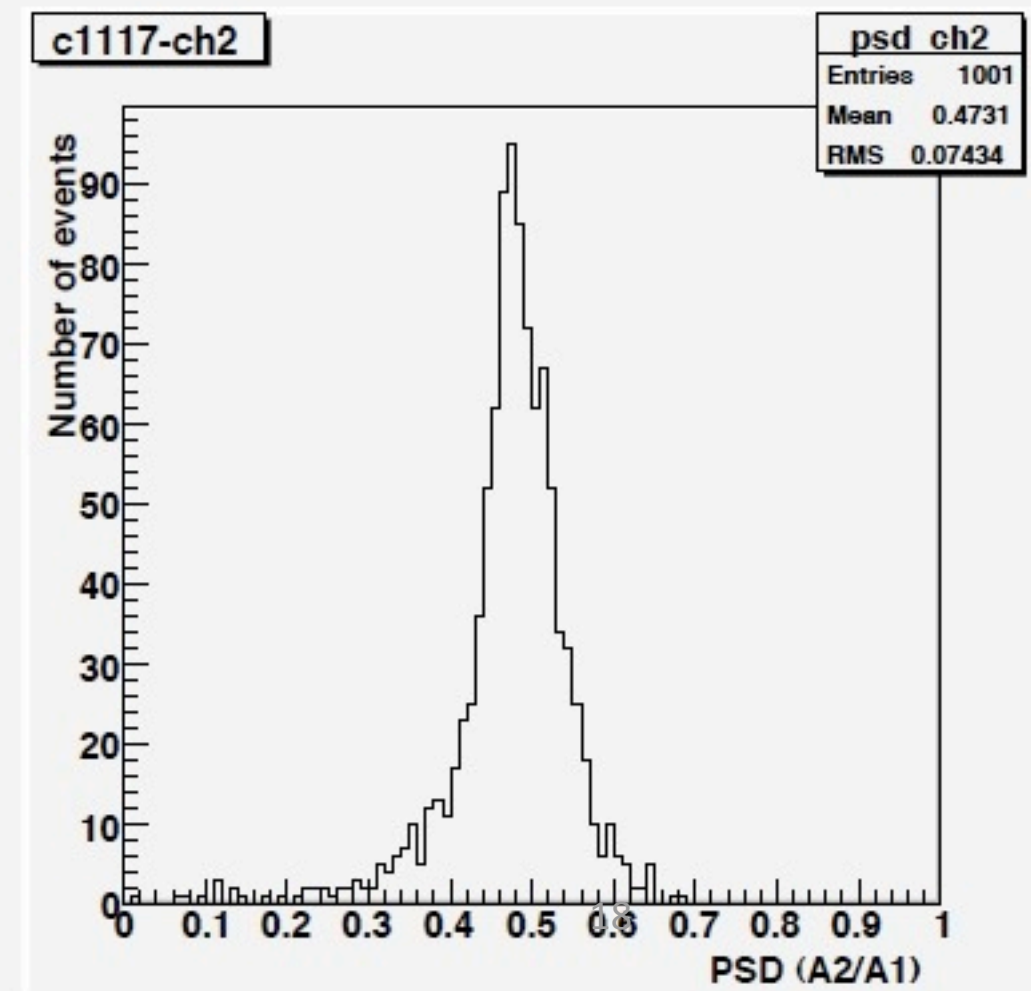
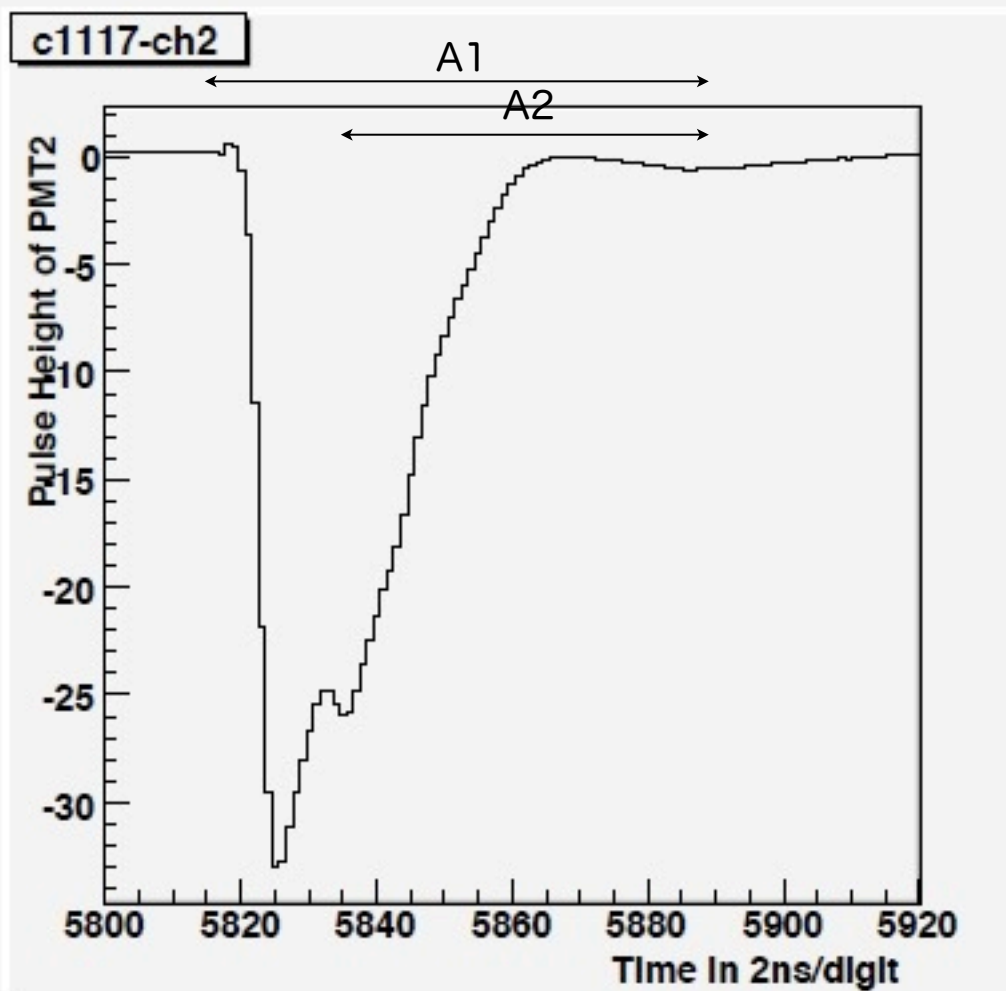
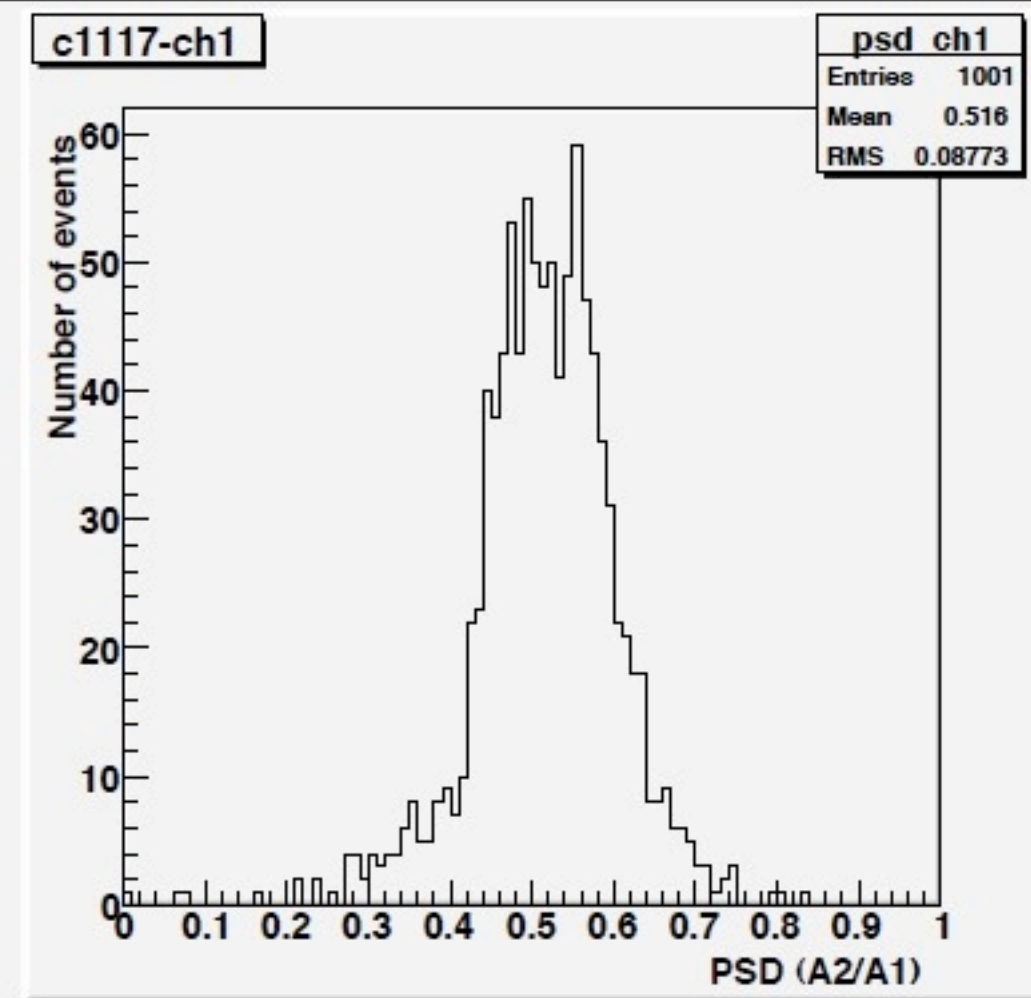
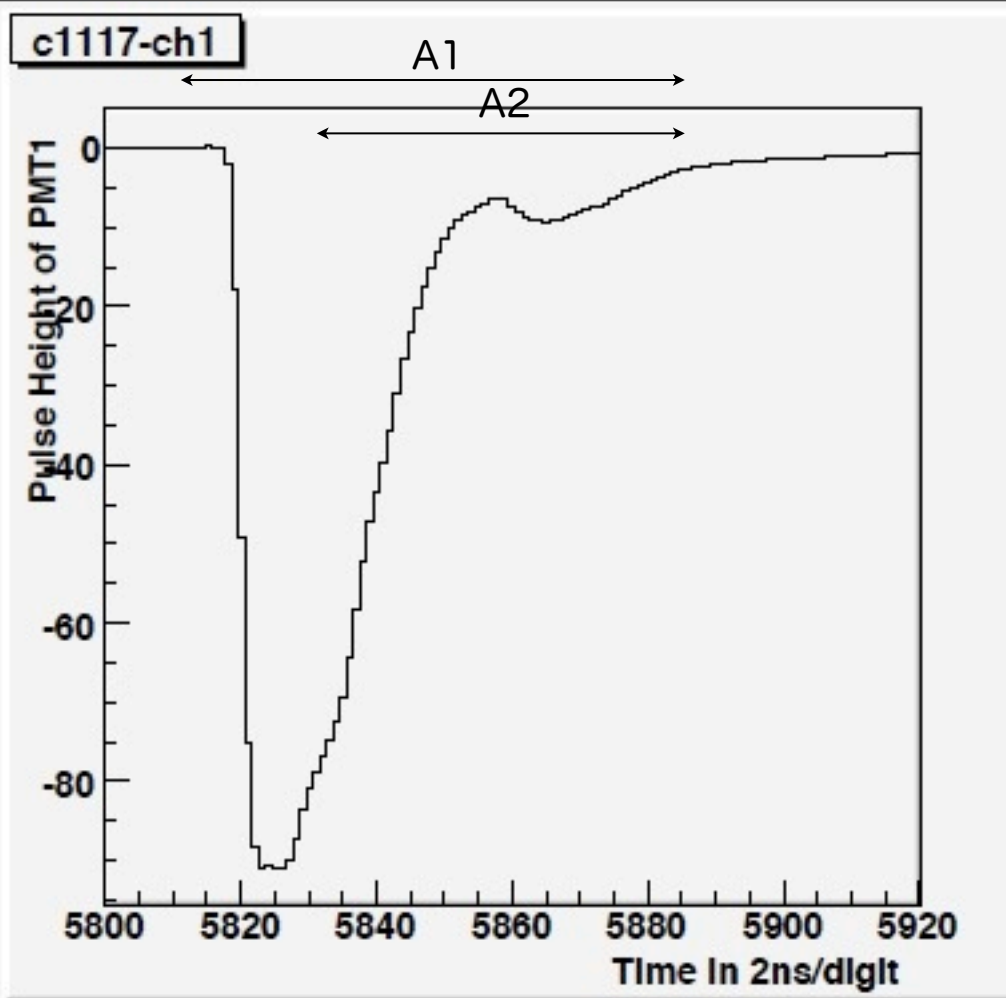
2010.12.23

PSD Analysis at alpha trigger



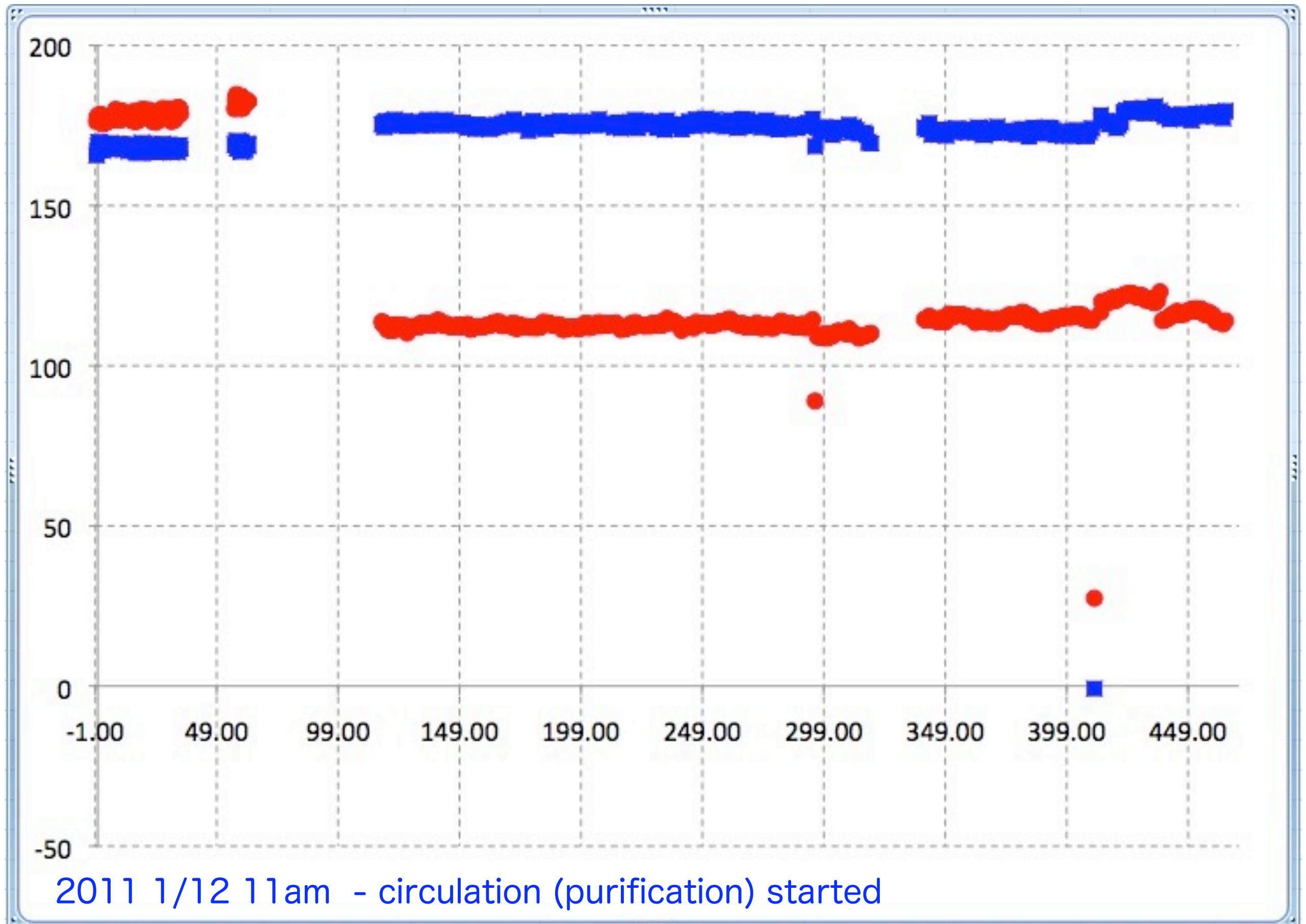
2010.12.23

PSD Analysis at cosmic ray trigger



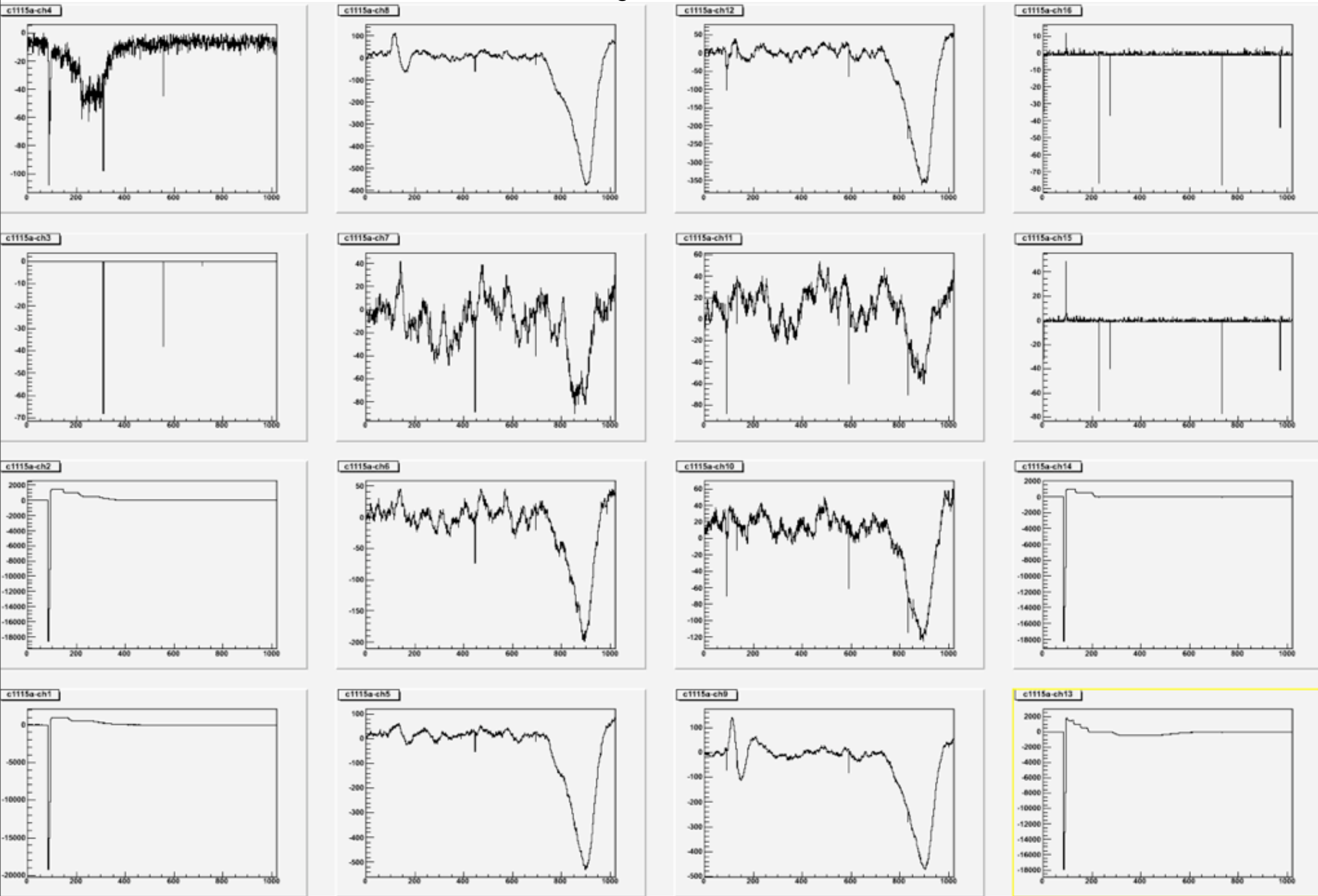
2011 January

Xe gas at 1.4 atm



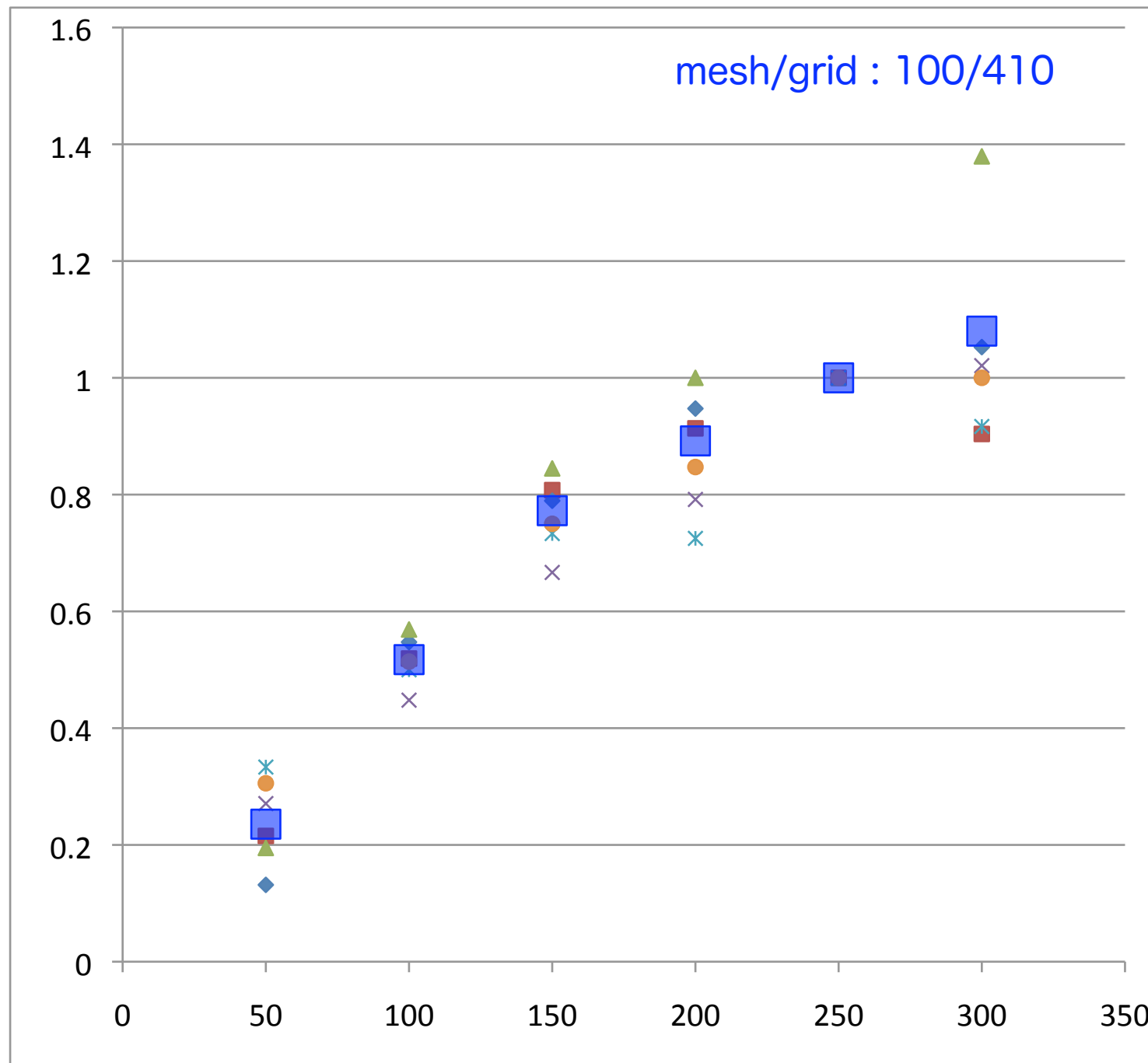
PAD signals : ch 5 to 12 with pre-amp ; TPC Cathode/anode HV=-2.5KV/250V

Xe gas at 1.4 atm



Performance of grid transparency

Pulse height in PADs normalized at +250V



Xe gas at 1.4 atm

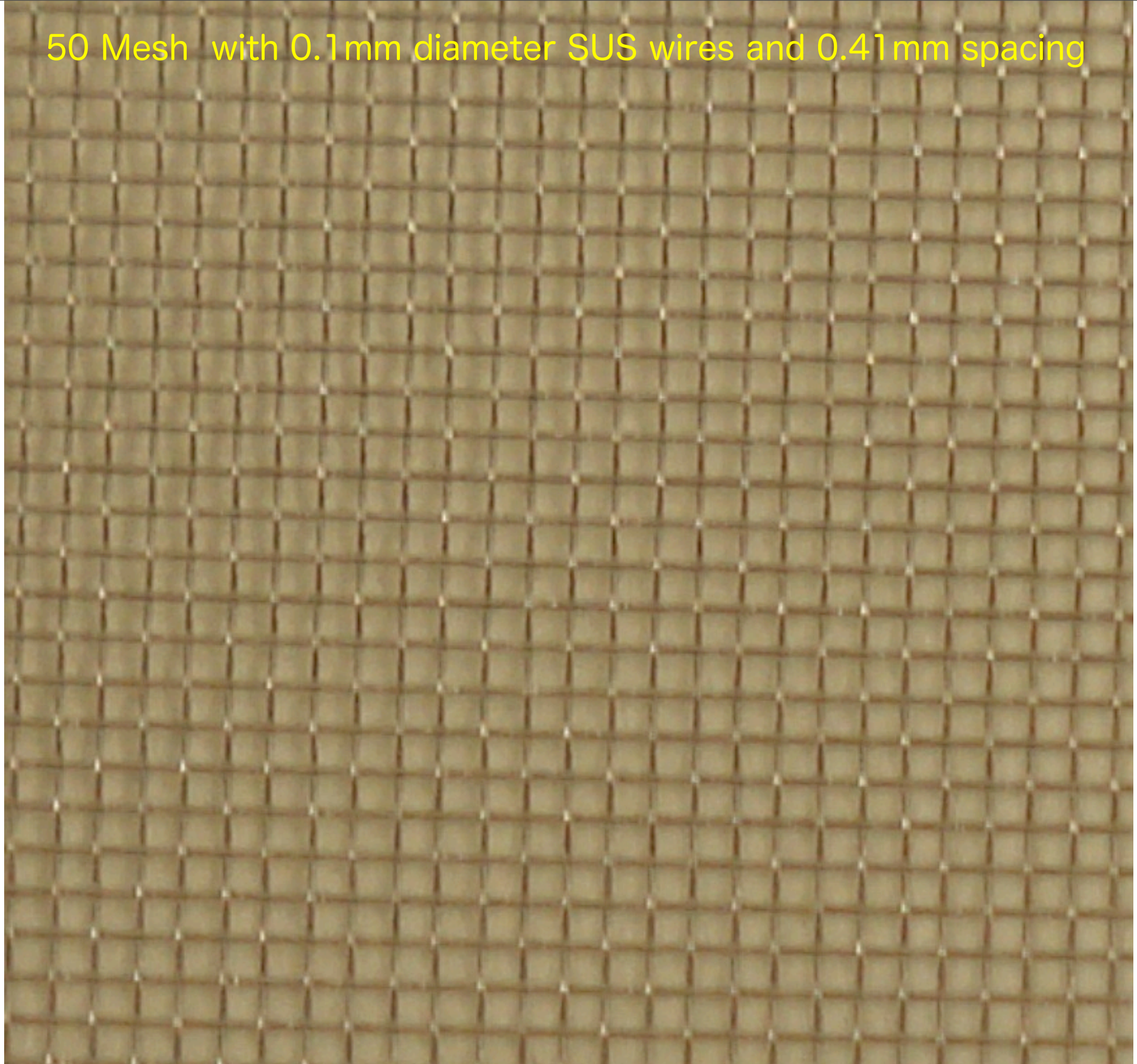
TPC : 5cm drift
-2.5KV

Pad channels:
5,6,8,9,10,12
Large squares for
the sum

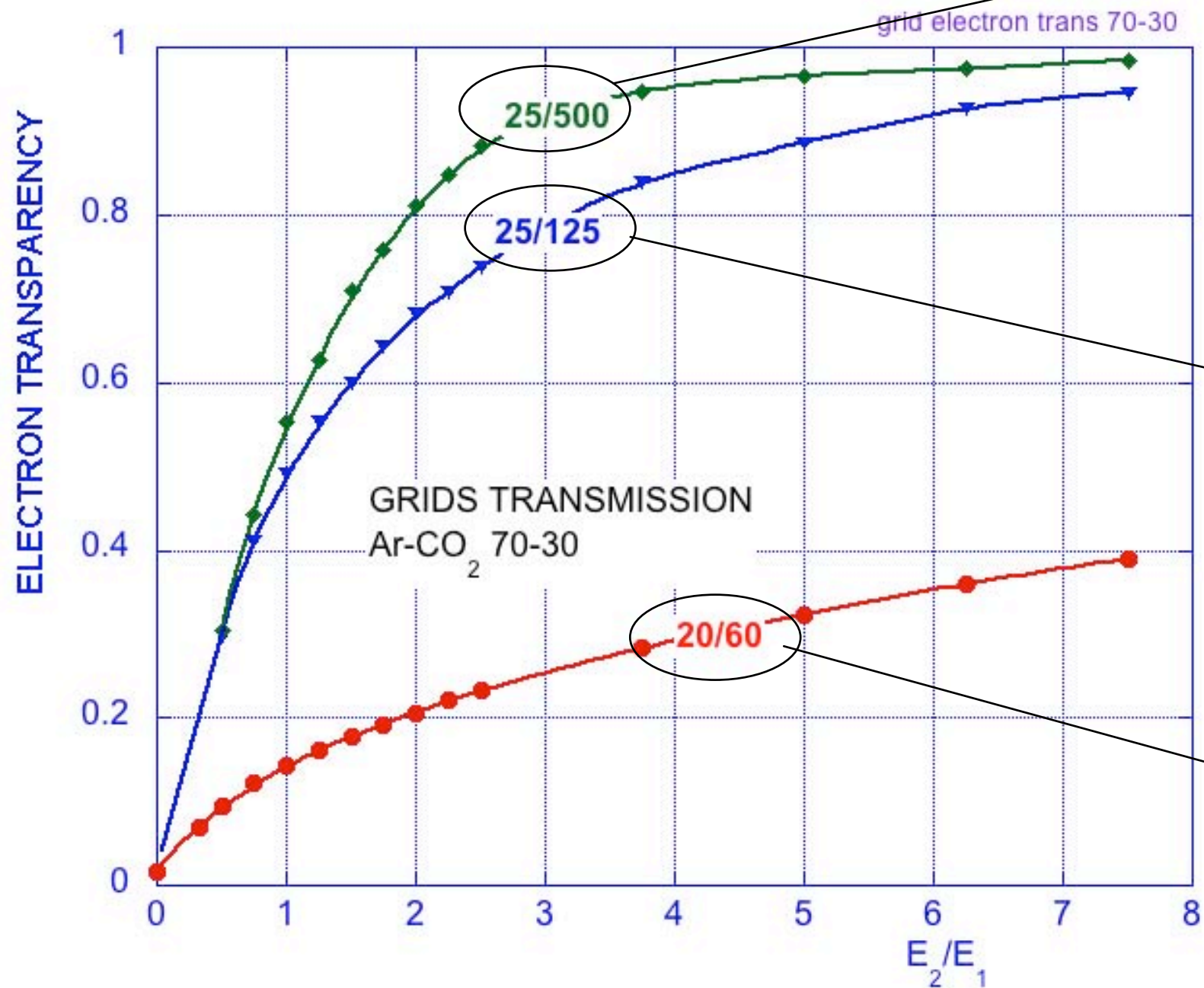
1 2 3 4 5 6 7 in E₂/E₁

note : grid of 50 mesh with 100um diameter SUS wires and 410um spacing, so aperture of 57%

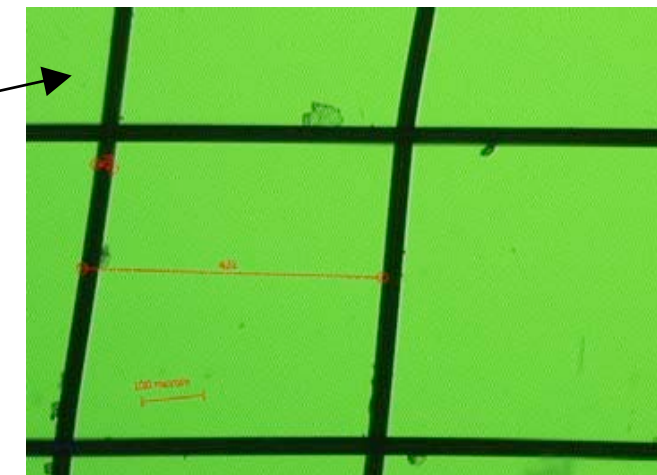
50 Mesh with 0.1 mm diameter SUS wires and 0.41 mm spacing



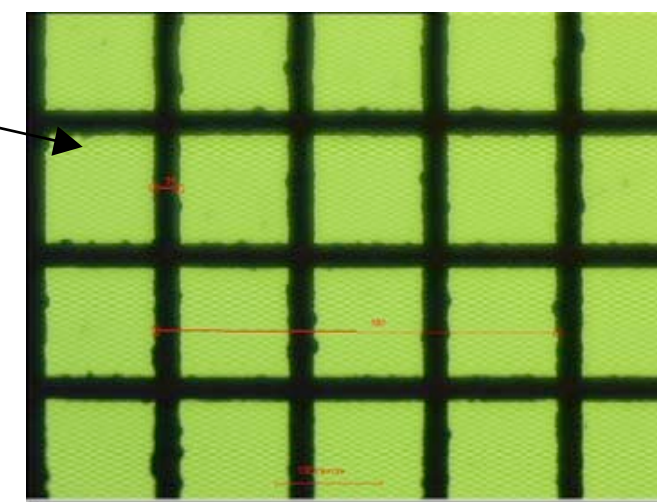
MESH TRANSPARENCY



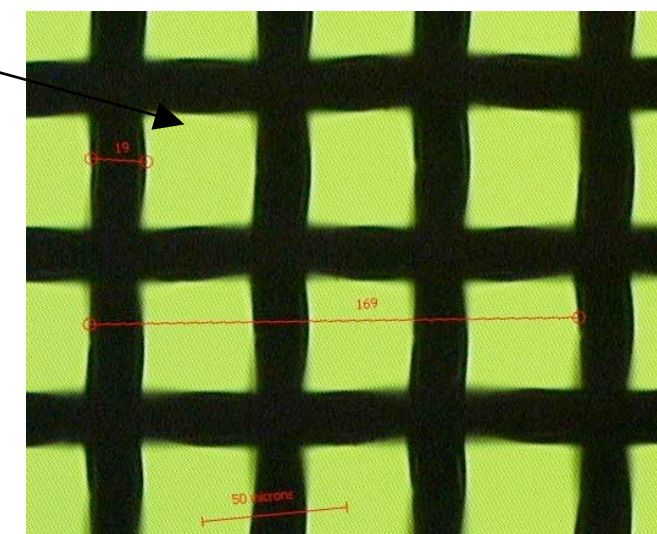
THIN 90.3%



MIDDLE 64%



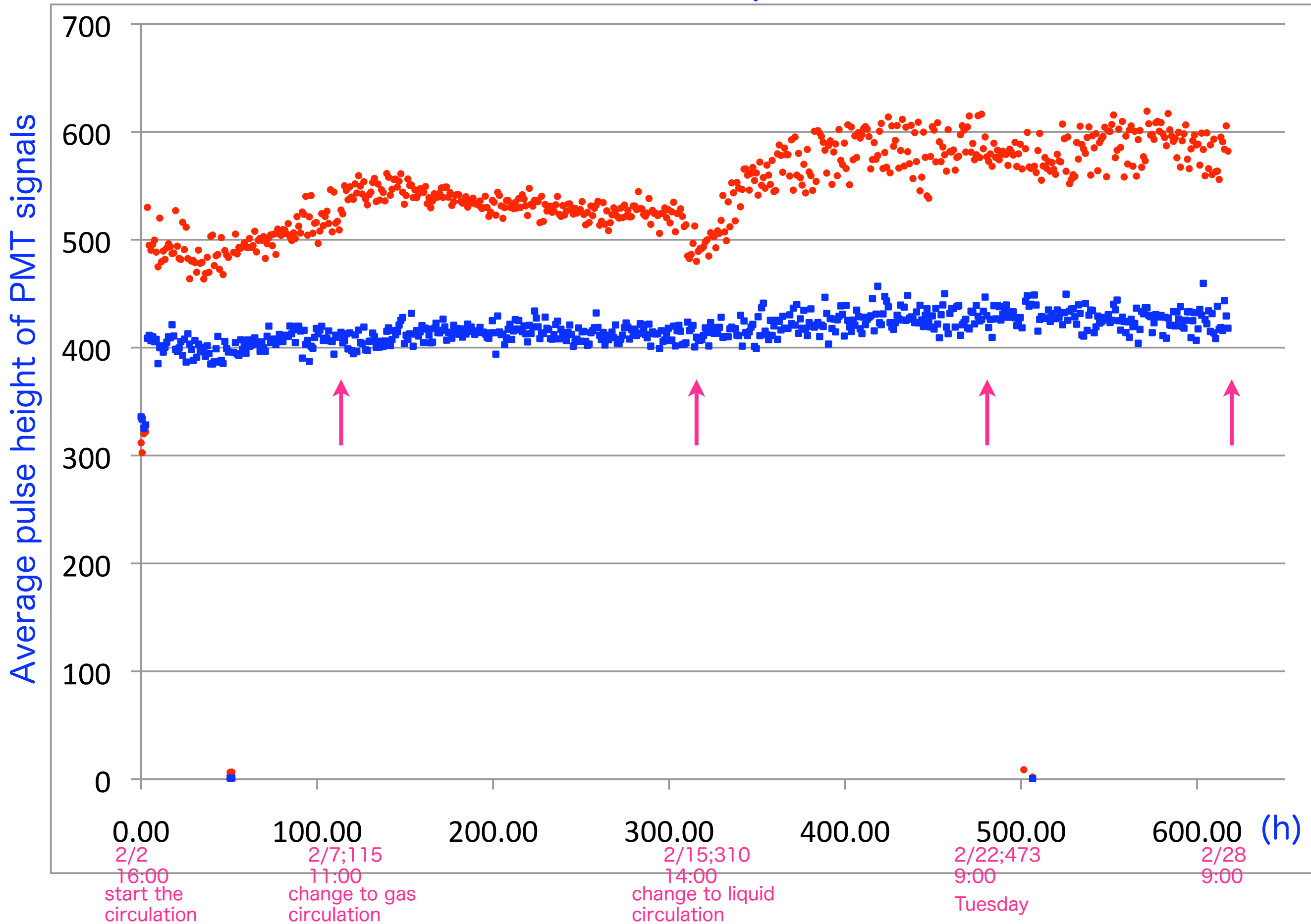
THICK 44.4%



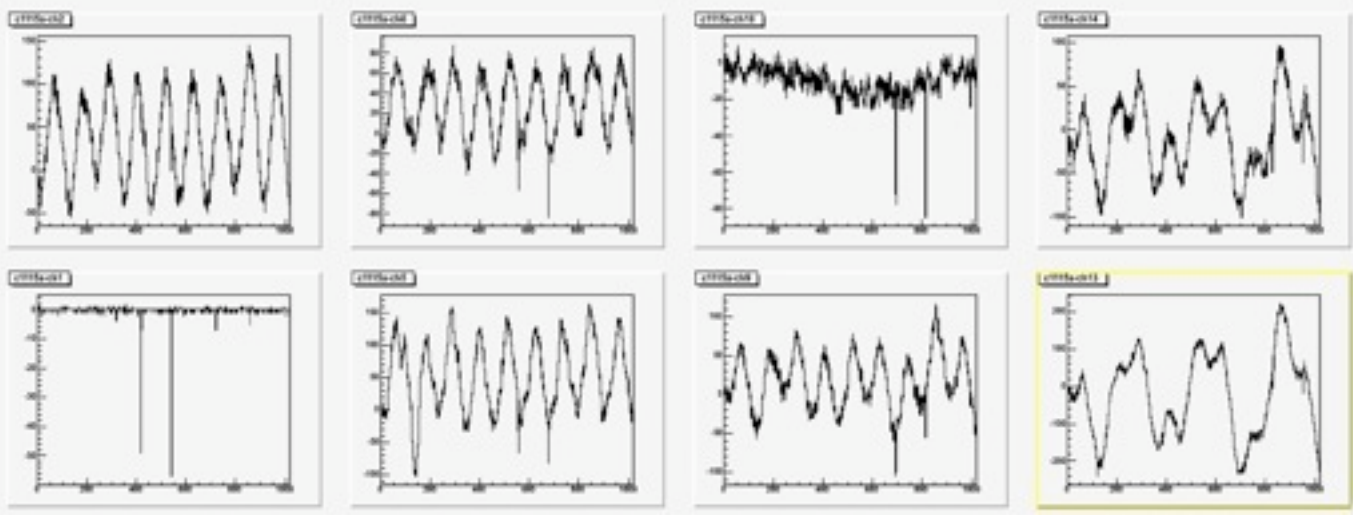
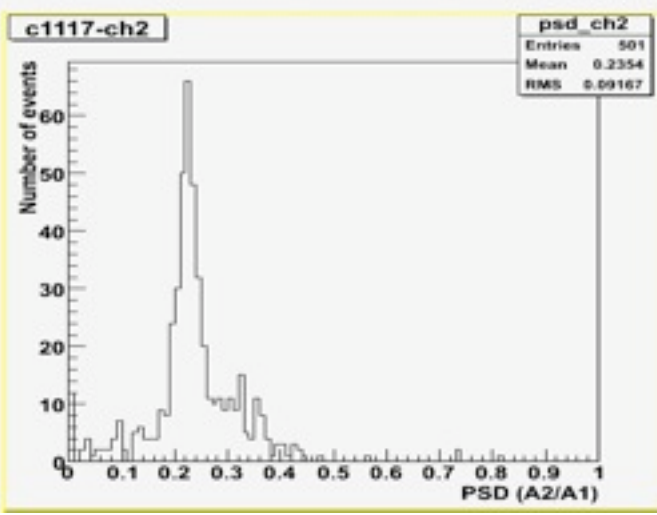
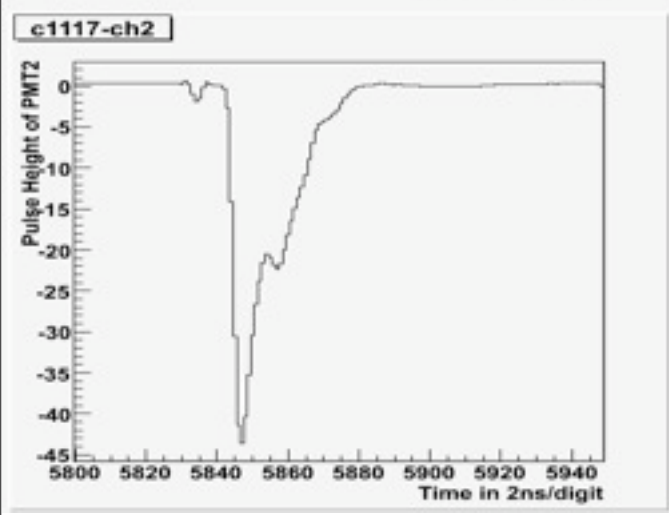
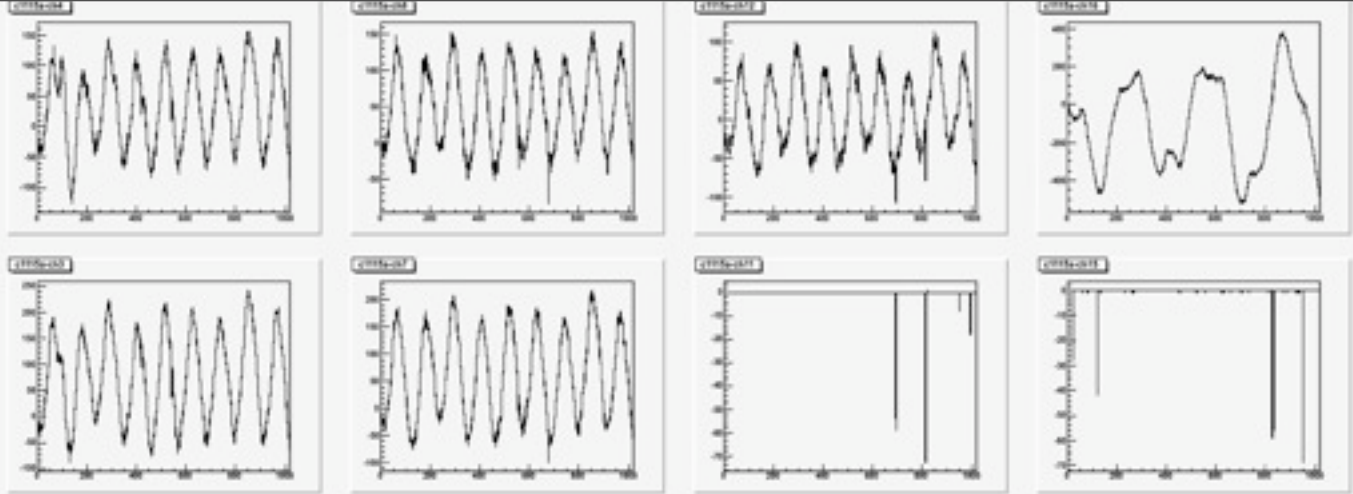
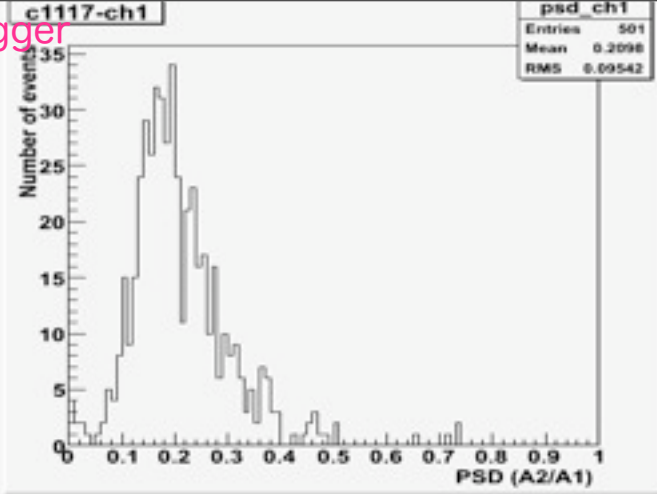
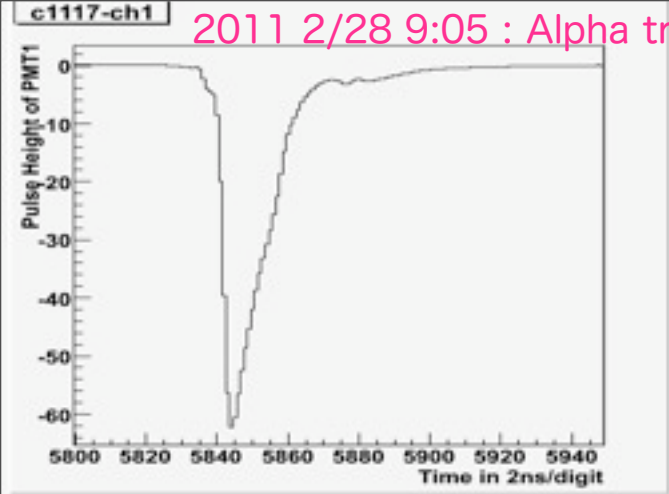
HIGH FIELD RATIO REQUIRED FOR GOOD TRANSMISSION!

P. Everaerts et al, IEEE Nucl. Sci. Symp. (San Diego, Oct. 2006)

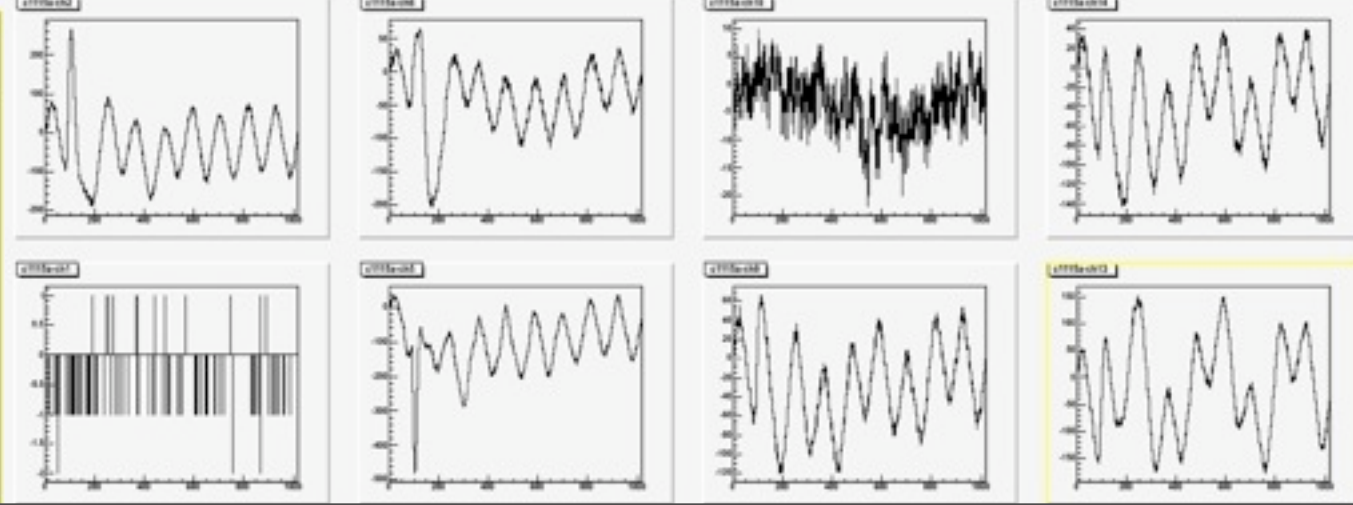
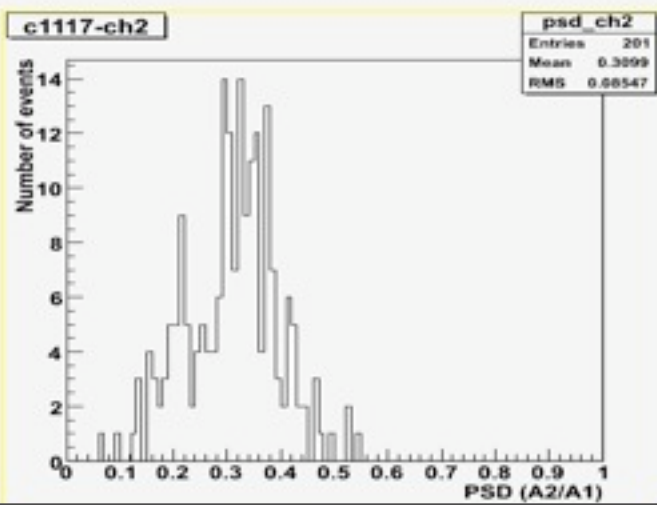
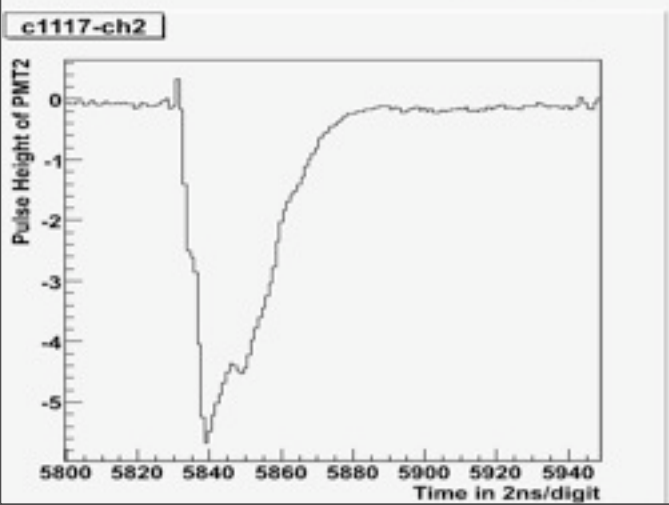
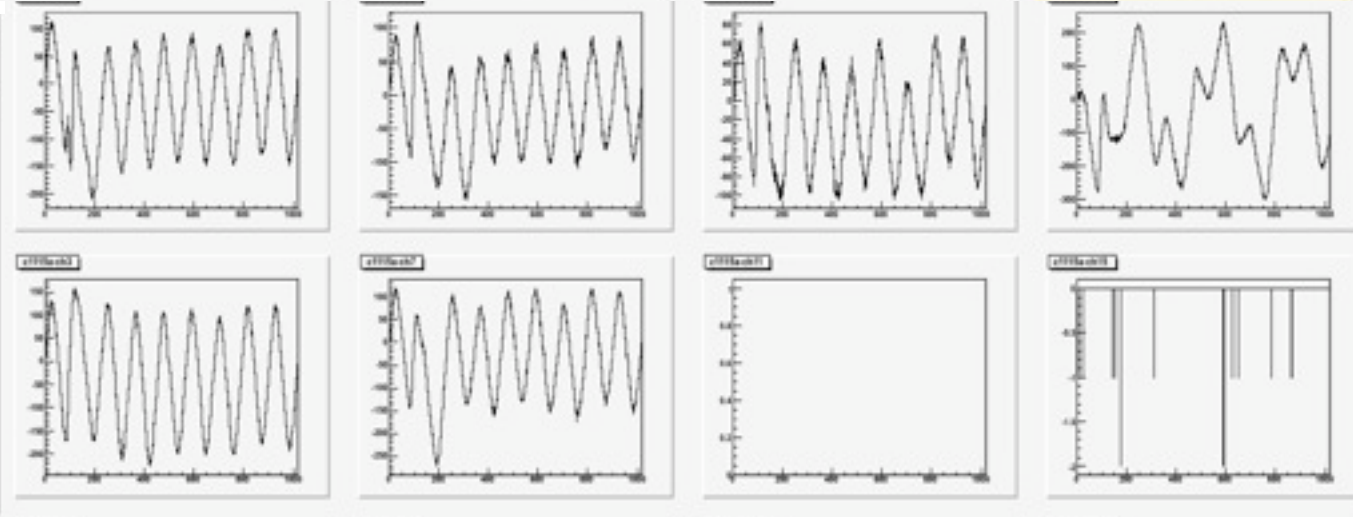
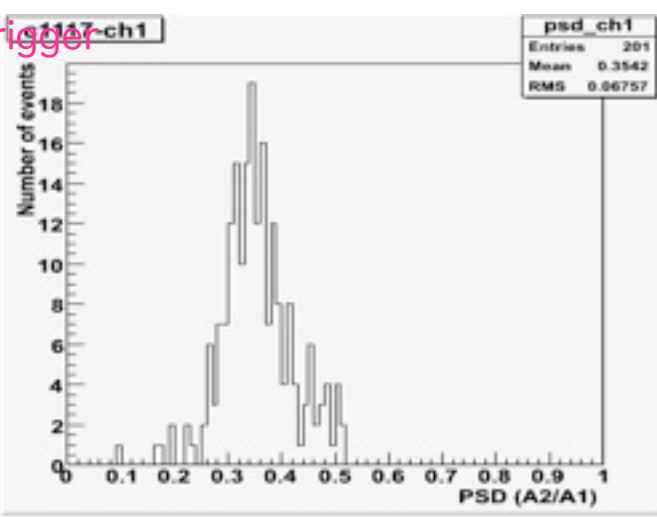
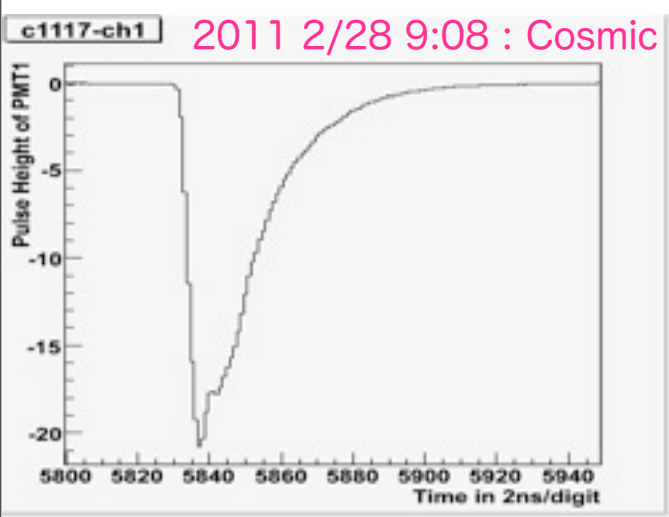
Purification of Liquid Xe



2011 2/28 9:05 : Alpha trigger



2011 2/28 9:08 : Cosmic trigger

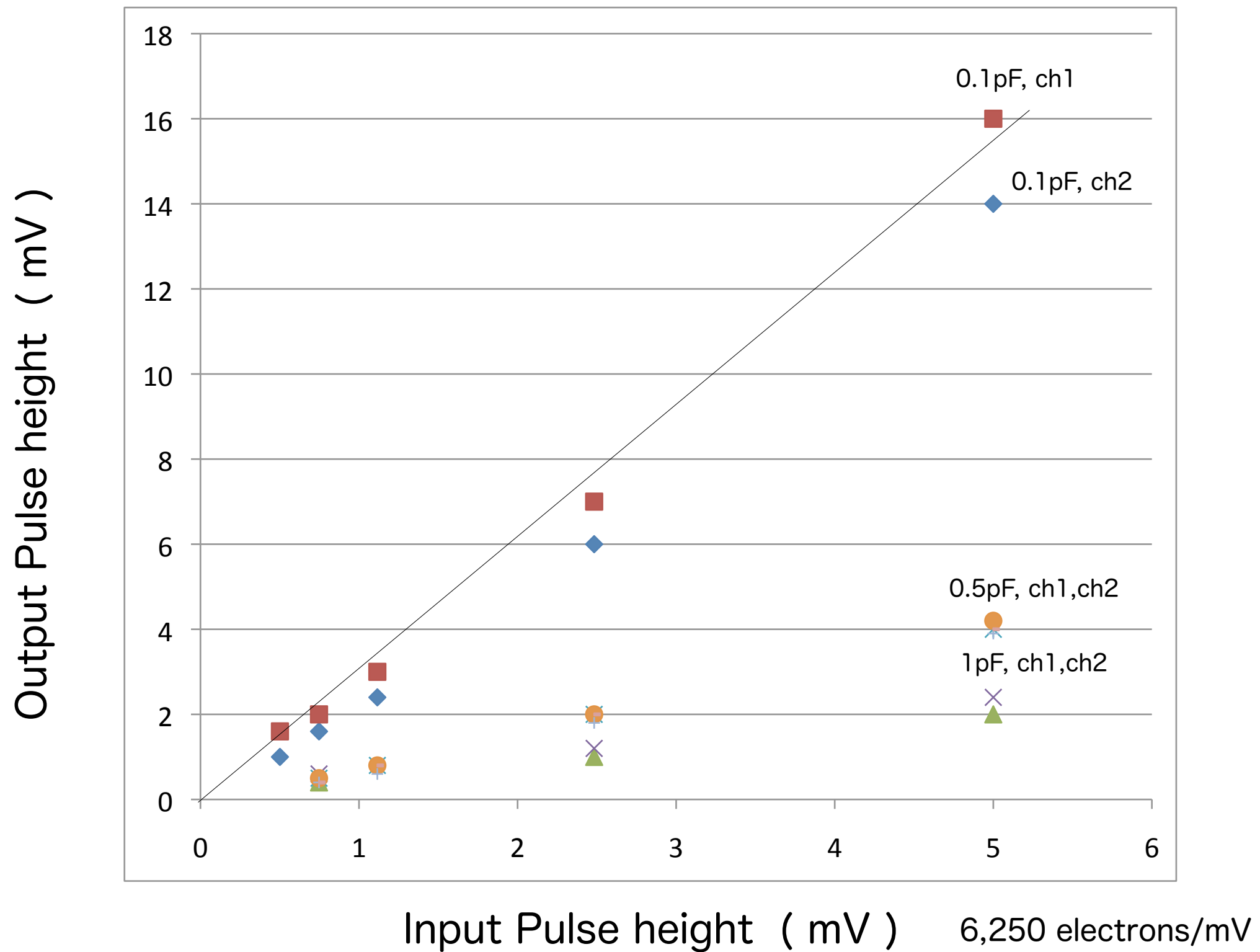


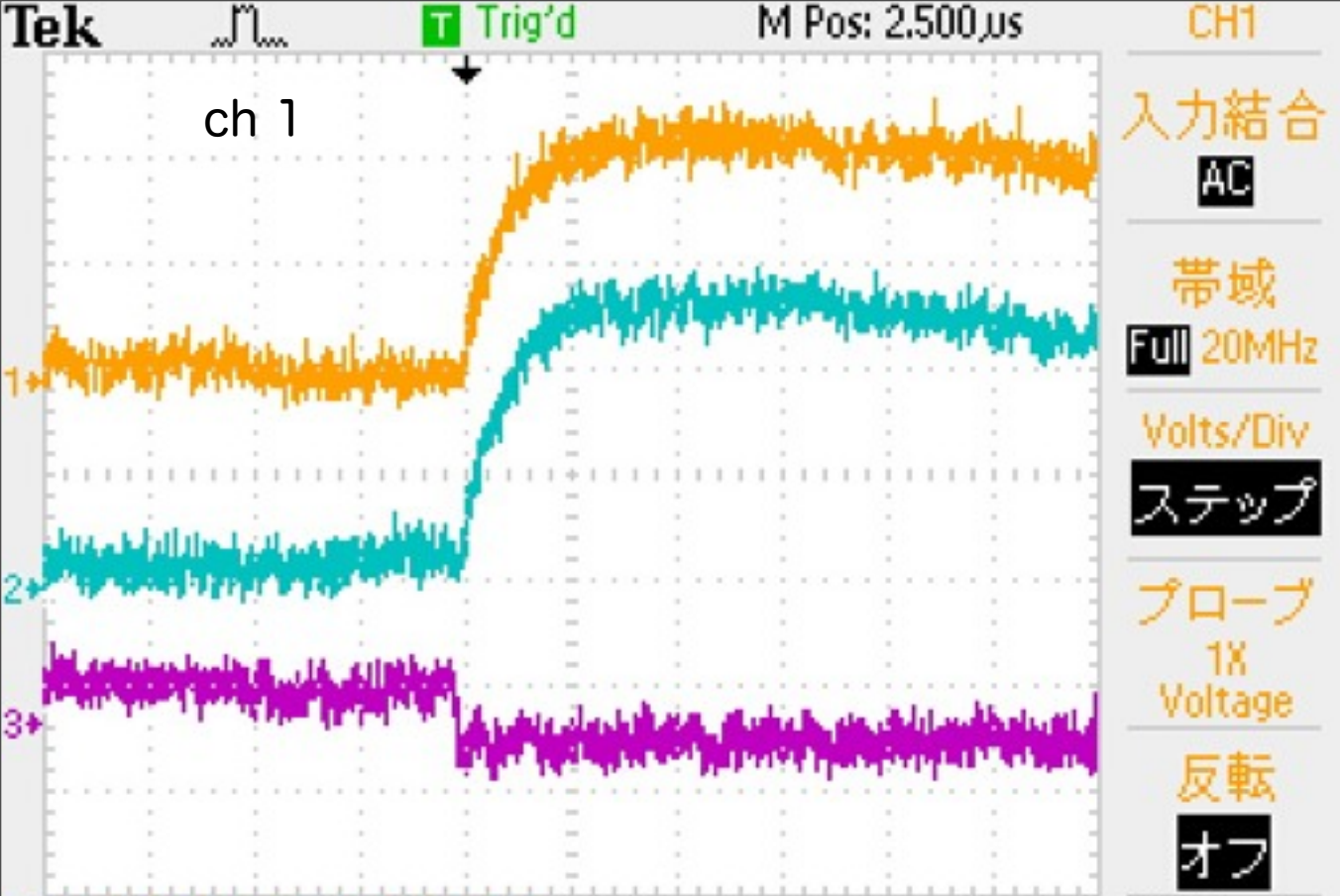
2SK152
0.1 pF, 1 G Ω

α source on
a wire
at 1 cm from
the anode

2011.4.15

Results of Preamplifiers with 2SK152 cards

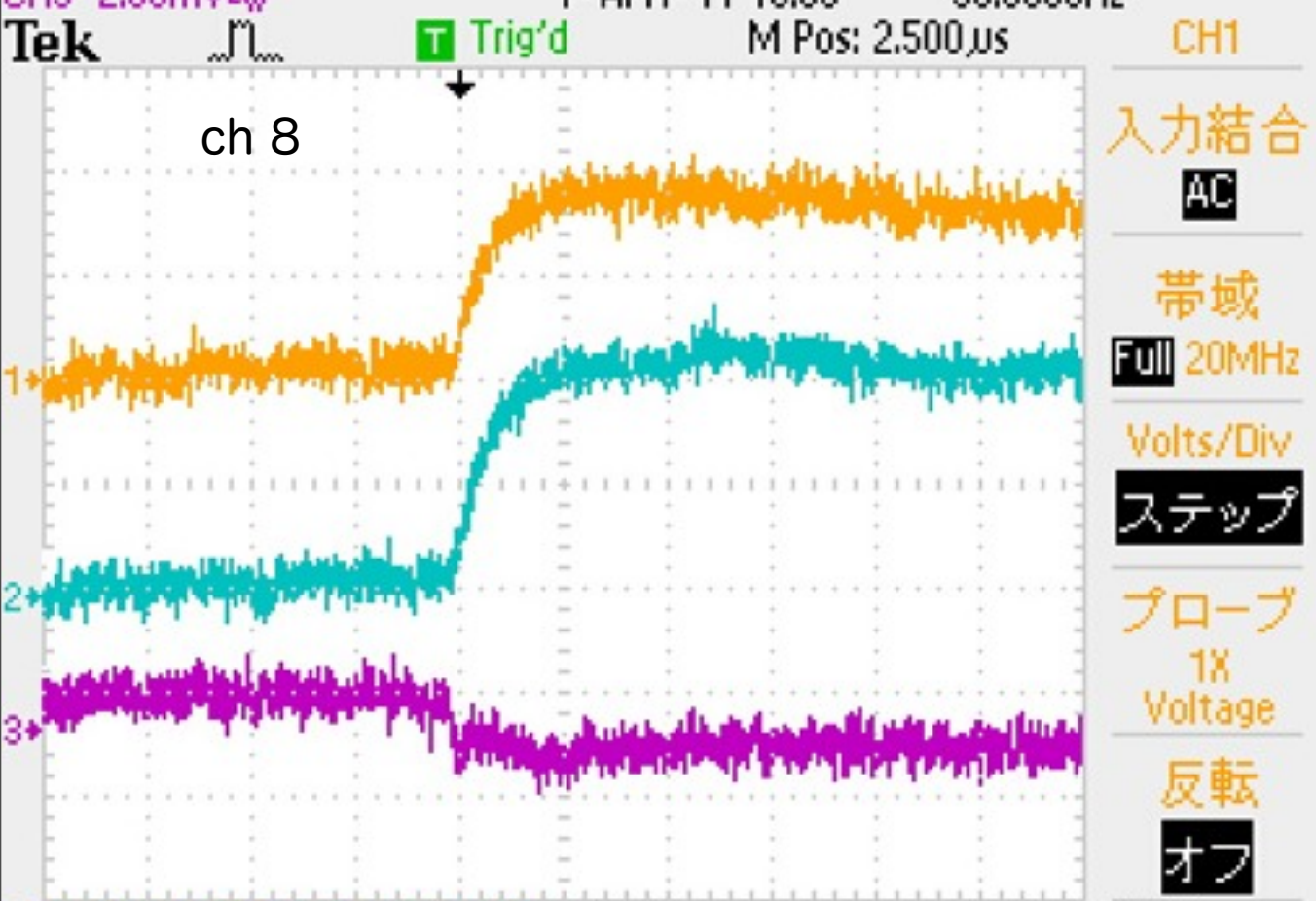




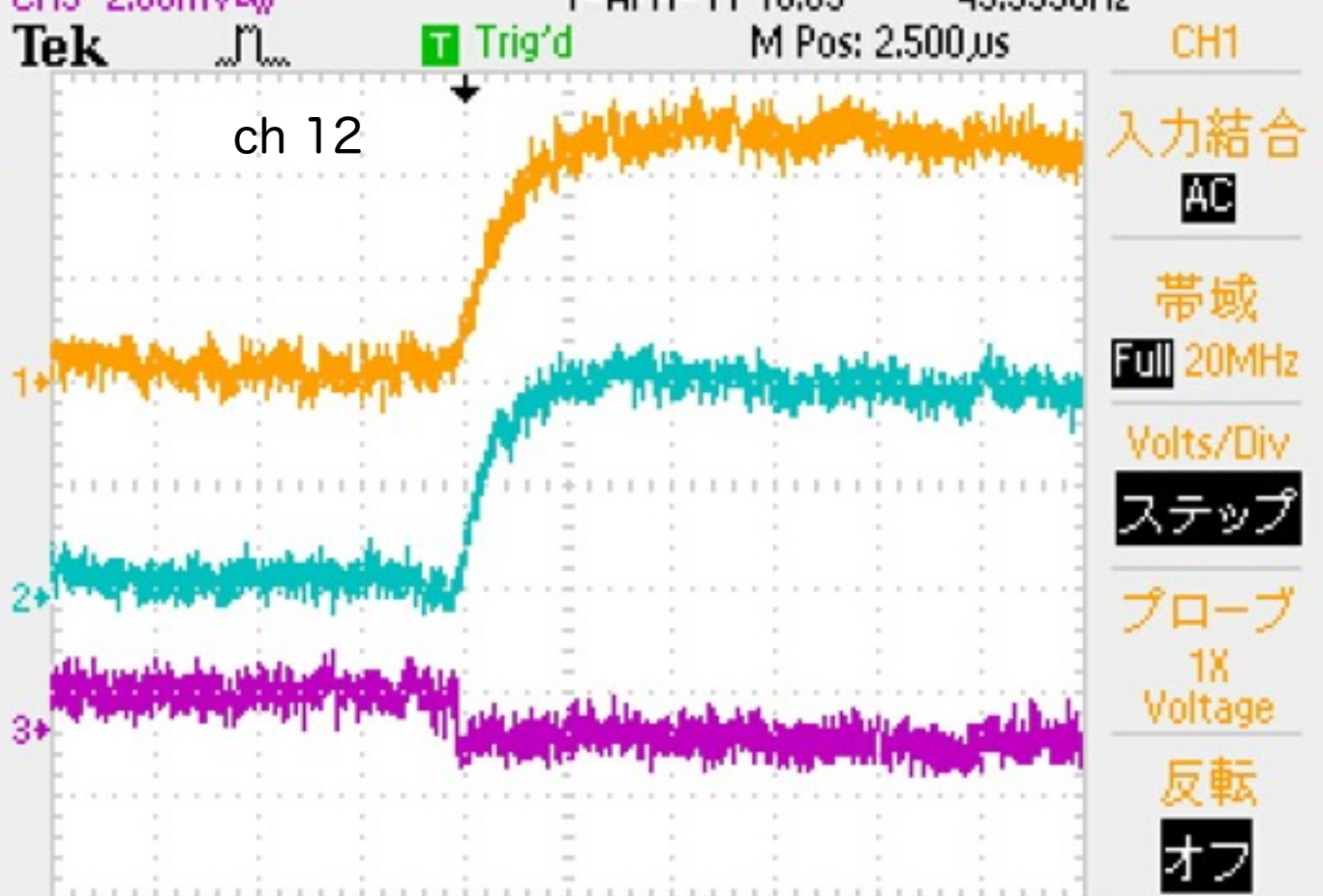
CH1 2.00mV/div CH2 2.00mV/div M 2.50 μ s Ext \ 224mV
CH3 2.00mV/div 1-APR-11 16:00 50.0006Hz



CH1 2.00mV/div CH2 2.00mV/div M 2.50 μ s Ext \ 224mV
CH3 2.00mV/div 1-APR-11 16:09 49.9998Hz



CH1 2.00mV/div CH2 2.00mV/div M 2.50 μ s Ext \ 224mV
垂直位置 CH1 1.00 divs (2.00mV)



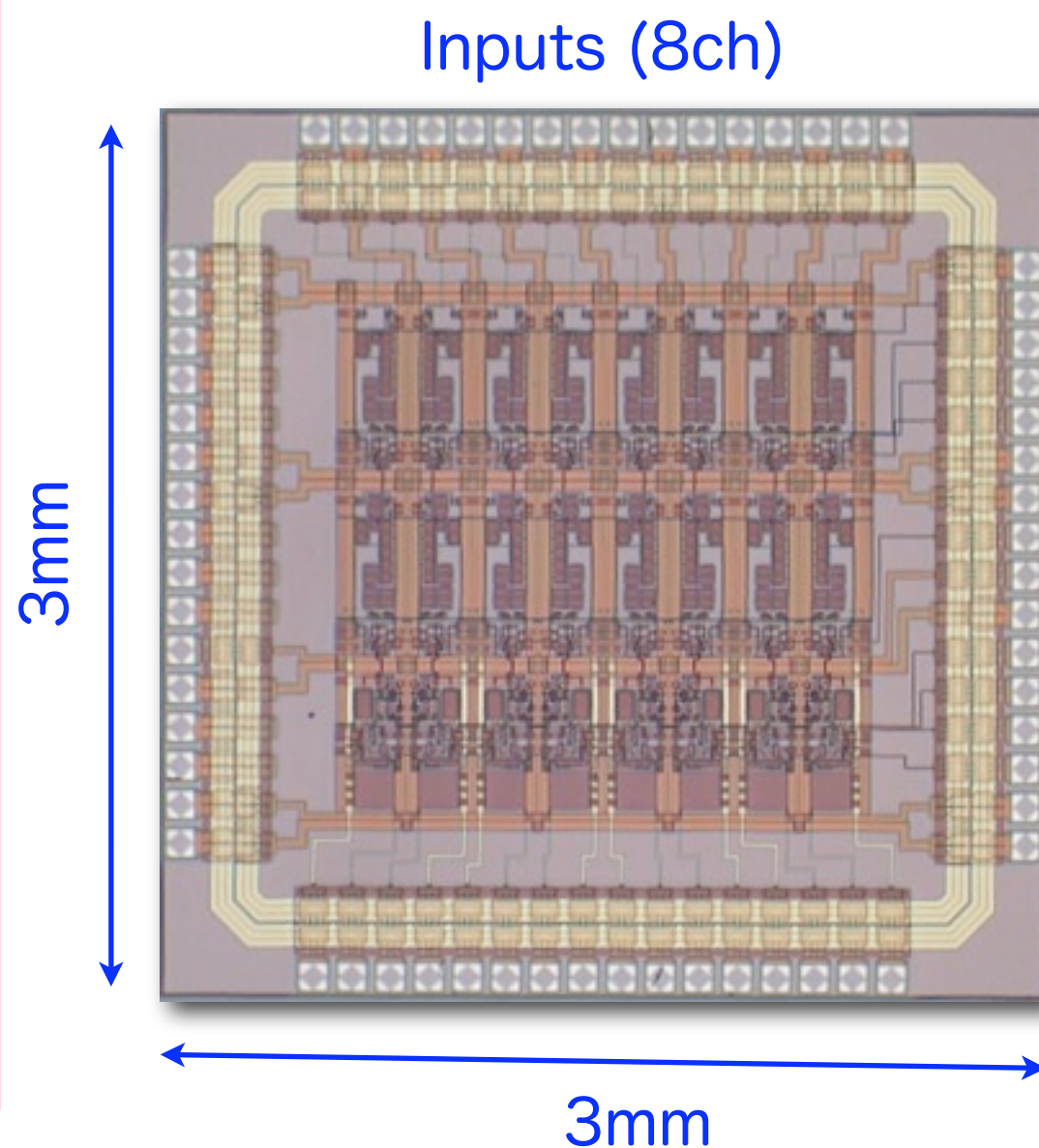
CH1 2.00mV/div CH2 2.00mV/div M 2.50 μ s Ext \ 224mV
CH3 2.00mV/div 1-APR-11 16:13 49.9999Hz

Front-end ASIC chip R&D

First version : FEXE08

Pre-amp. to PZC to shaper - output all analog channels

PARAMETER	SPECIFICATION	Achieved in room temp.
chip size	3mm x 3mm	
channel number	8	
power supplies	$\pm 2.5V$	
dissipation power	$<10mW/ch$	
gain	8.2V/pC	$6.0 \pm 0.5V/pC$
Input charge	$\pm 25fC$	$-60 \sim 100fC$
peaking time	0.5, 1us, variable($>1us$)	
prod. process	0.5um CMOS	
ENC	2,000e ($C_d=1pF$)	400e ($C_d=1pF$)



T. Higashi, JPS fall meeting, Kohnann univ., 9 Oct. 2009

Second version : FEXE08



Designed by Open-IT ;

Takatoshi Higashi (Saga univ.),
Takahiro Fusayasu(NIAS) , Hirokazu
Ikeda(JAXA) , Manobu Tanaka(IPNS)

Open-It (Open source consortium for detector
instrumentation) collaboration

together with the neutron group

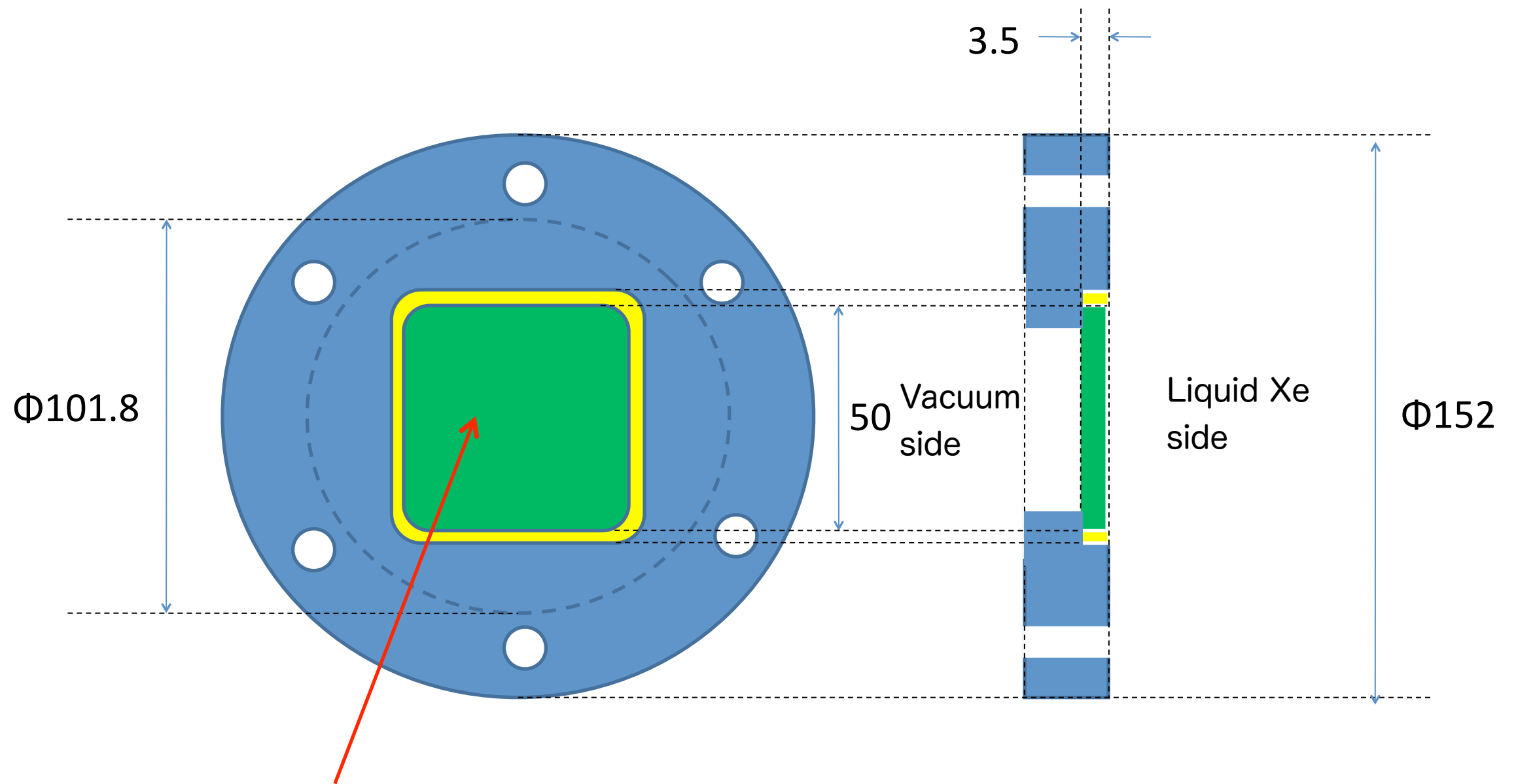
Schedule

1. Circuit design was completed
2. Simulation was completed
3. Layout design was passed to the company on 24 November
4. Tape out was(?) submitted by end of January 2011
5. Delivery in Summer 2011
6. Summer in March 2011

Parameters	TPCFE09(TPCFE1x)
dynamic range	-75fC~+25fC -500fC ~ -5fC
gain	2V/pC 10V/pC
gain tolerance	~1%
ENC	400+25/pF@0.5us
cross talk	~1%
peaking time	0.5, 1 and 2 us
power dissipation	<10mW/ch
Temperature range	-110 ~ + 25°C
# of channels	16ch
ADC	none (10bit/10MHz)

UMC 0.25um process

Pressure Capacity Test on the Ceramic End Plate (vacuum - liquid xenon window)



Ceramic plate with
3.5mm thickness

at 3 ~4 bars and < -110 °C

まとめ

1. 第2実験：5cmドリフト, 1mmギャップ, メッシュ・グリッド, 16ch PADs
2. 16ch NIM Preamp：AD829使用のものから、AMPTEK-A250へ変更
3. 2SK152使用の新ドーターカード (Preamp cold part, 0.1pF, 1G Ω)
4. DAQ：CAMAC FADC500MHz - 2ch/台, 100MHz- 16ch/4台
5. シンチレーションシグナルによるPSD解析
6. Xeガス中で電荷シグナルによるメッシュ・グリッドの透過率を測定
7. TPCのアノードより1cmの所に α ソース (ワイヤー) を設置
8. ASICチップ(TPCFE09) 発注：Open-IT
横浜国大の高木がこの低温動作等の試験を行う
9. 液体Xe用のAPDの低温試験を予定 (高木)
10. セラミックエンドプレートの強化試験を予定
11. 循環(純化)速度の改善：コンプレッサー, 温度制御用のヒーター電源の増強
12. 16個のPADからの電荷シグナルの測定：基礎データ
13. ASICチップ+エンドプレートによるシグナルの読み出しを試みる