

Si-APDリニアアレイ検出器 によるX線時間分解測定

～ 空間分解能とナノ秒時間分解能の両立 ～

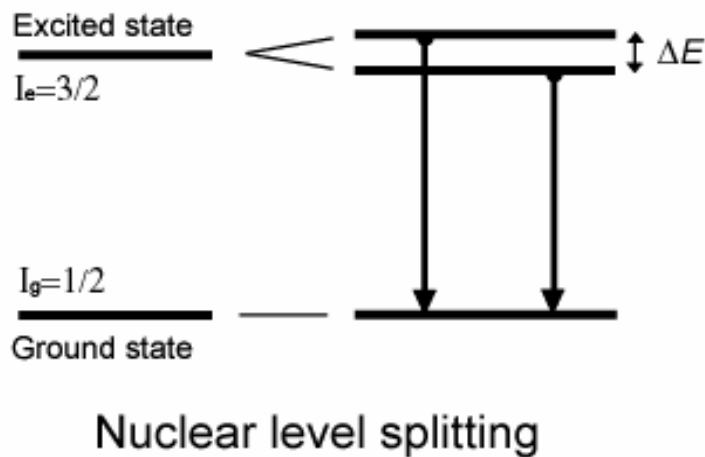
岸本俊二^B、米村博樹^B、島崎昇一^{A,B}、池野正弘^{A,B}、齊藤正俊^{A,B}、谷口 敬^{A,B}、田中真伸^{A,B}

KEK物構研、KEK素核研^A、Open-It^B

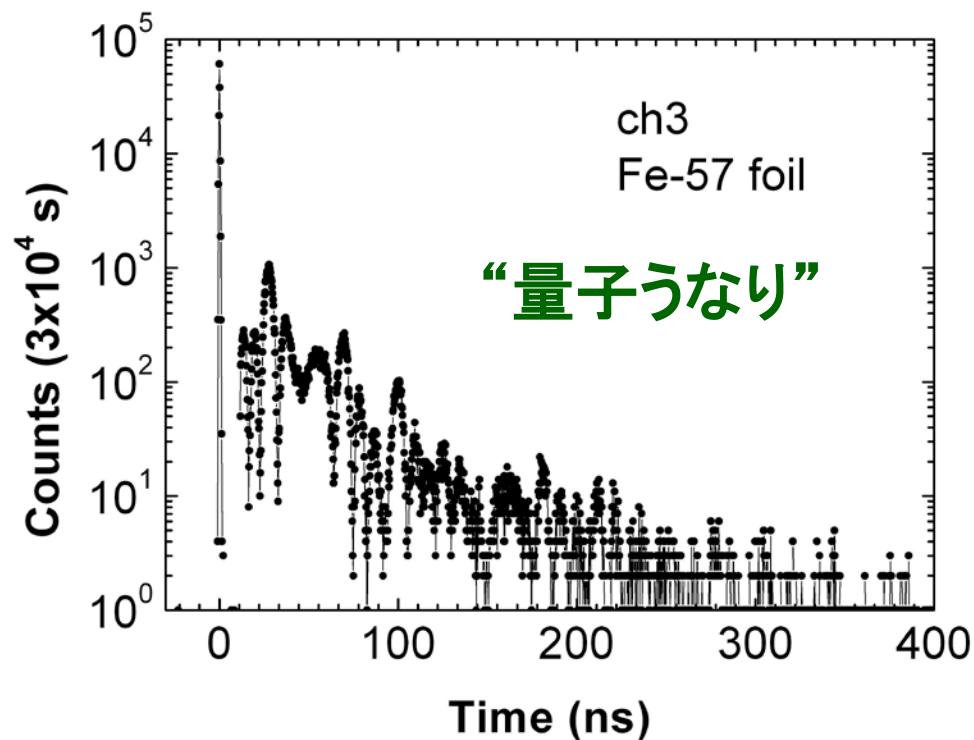
放射光核共鳴散乱

Fe-57

14.4keV, $T_{1/2}=98$ ns



励起X線入射後の核放射線による
時間スペクトル

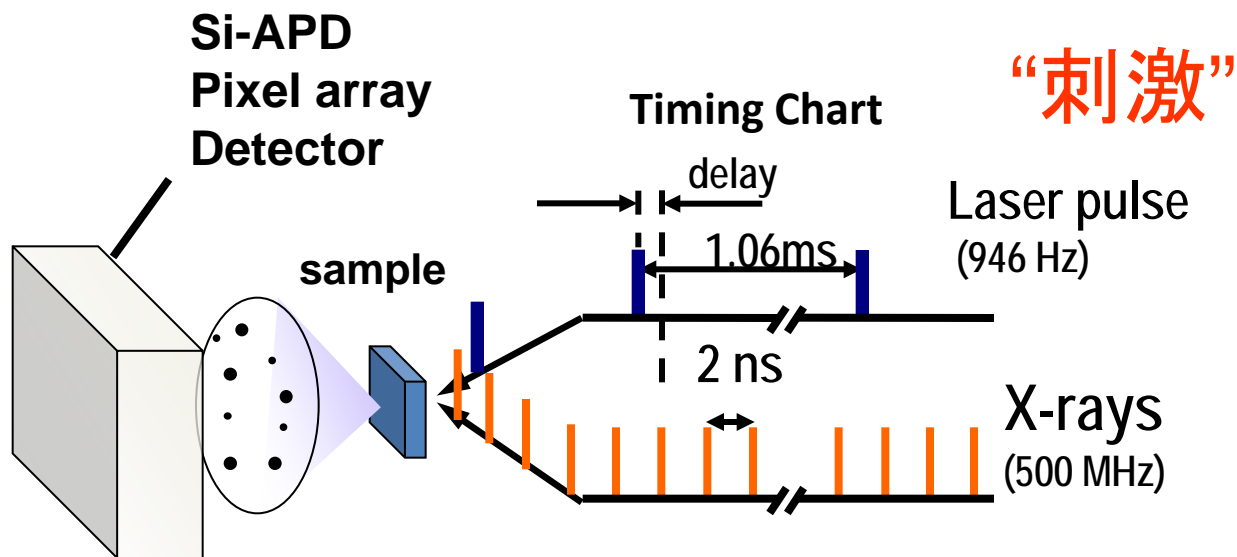


原子核と電子との相互作用
による“分裂”

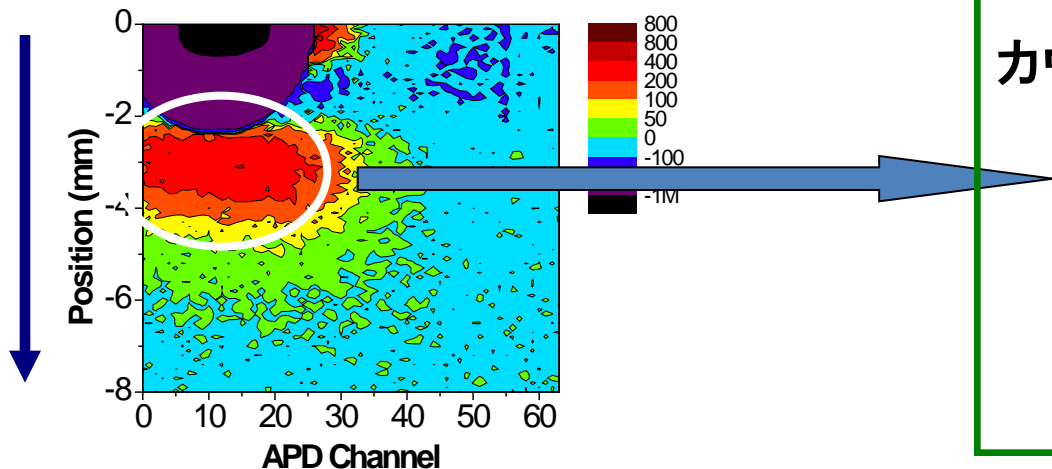


電子状態や原子の環境がわかる

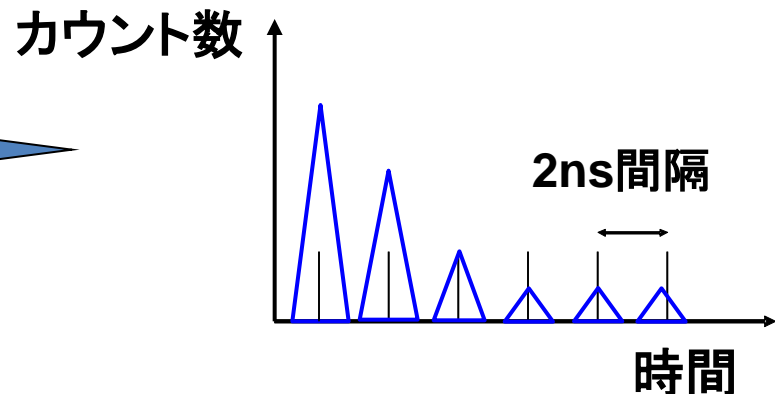
2nsパルス間隔を使った 時間分解X線回折イメージング



散乱強度の分布測定



回折強度の時系列変化



64チャンネル Si-APDリニアアレイ (比例モード)

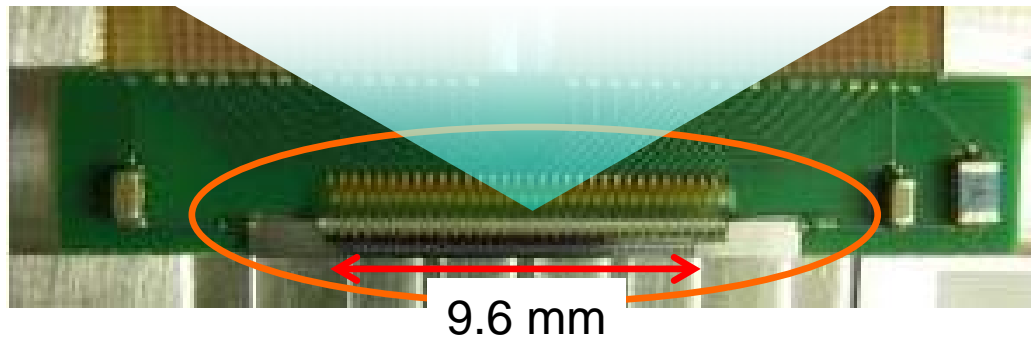
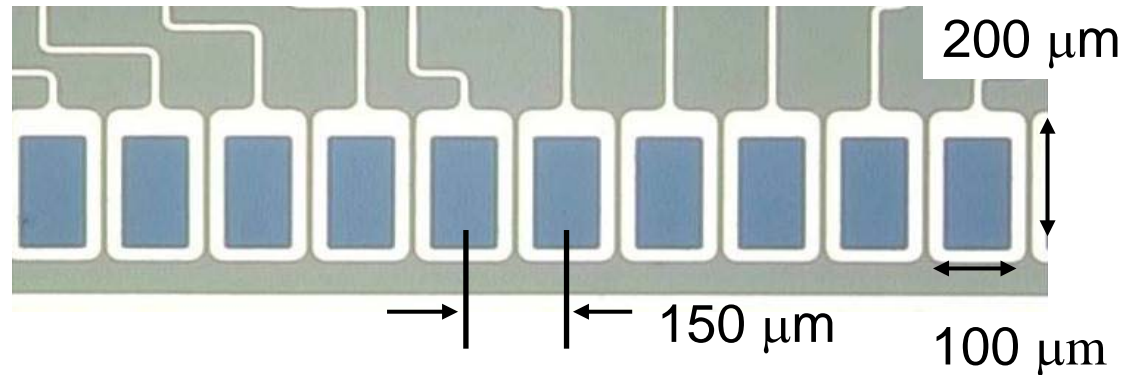
Hamamatsu S5343-9158

pixel size: $^H100\mu\text{m} \times ^V200\mu\text{m}$

64 pixels, 9.6mm long with 0.15-mm pitch

Thickness : $10\mu\text{m}$

→ Time resolution of Si-APD itself : 100 ps



信号処理システム Ver.2

#READOUT基板

FPGA: XC6SLX150-3FGG484

Si-TCP搭載。

#64CH_FE基板

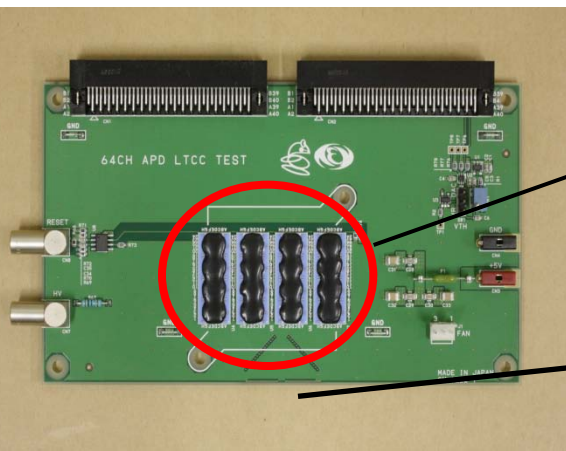
LTCC(ASIC 4個)x4, ASIC冷却用Fan付き。

サンプリング時間: **最短1ns**

(最大16.7ms)。トリガー入力に続く
連続1024chの時系列計数測定が可能。

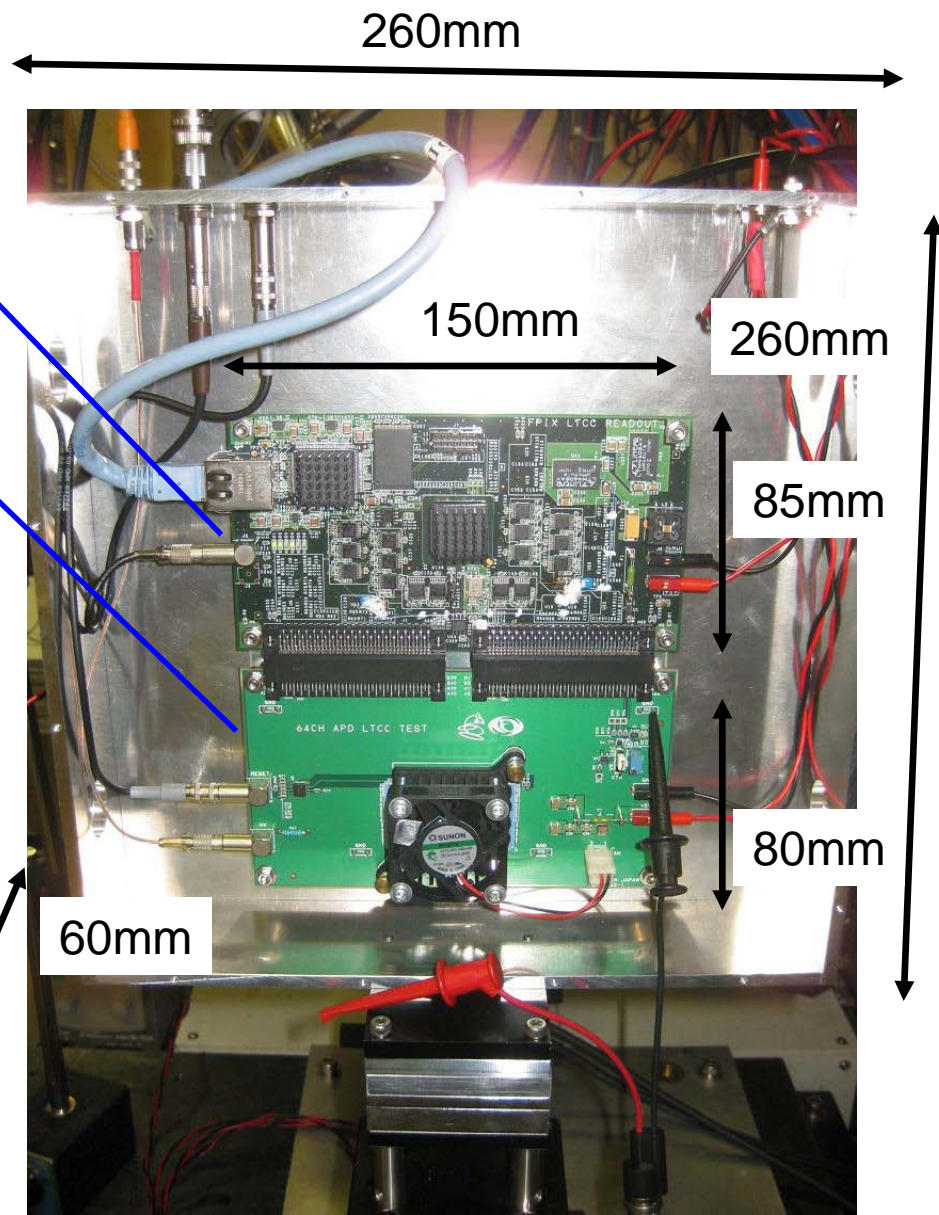
カウンタ: 36 bit/ch

測定時間: 2 μ s - 4295s

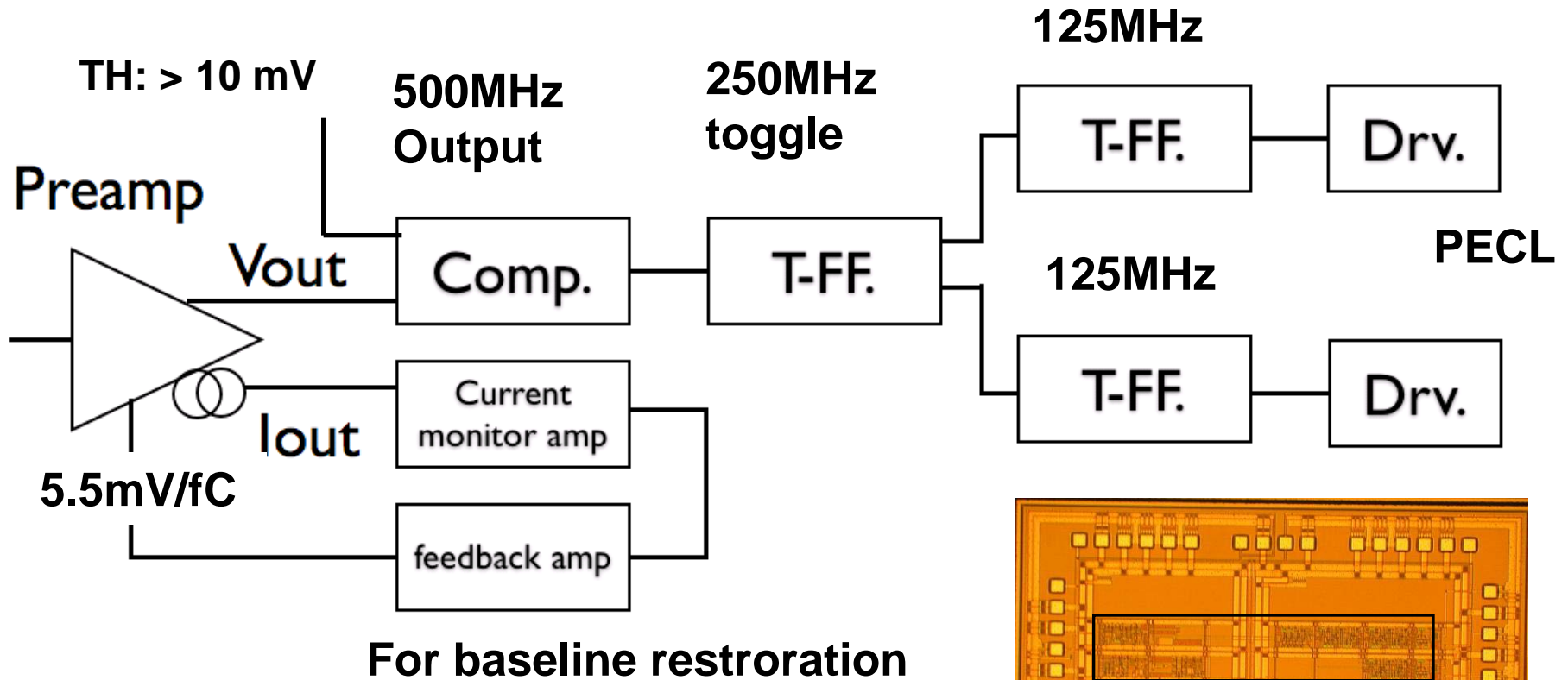


LTCC
基板
(4個)

APDアレイ
を装着

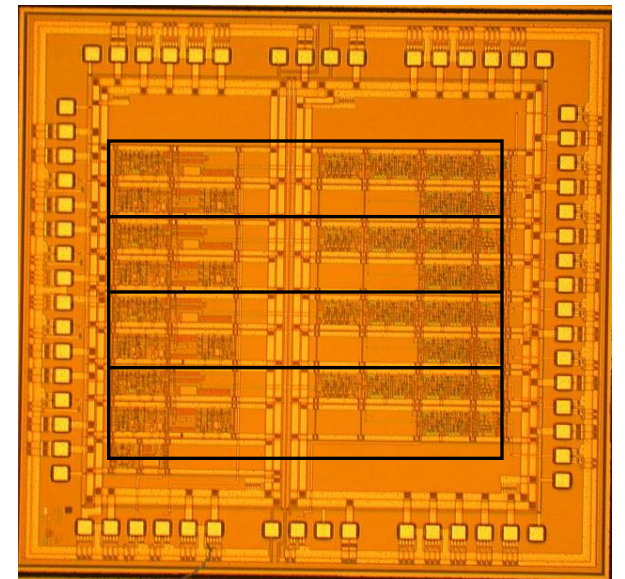


Amp. Shaper Discr. ASIC for Si-APD Ver.2



NJR 0.8- μm BiCMOS process

4 ch/chip

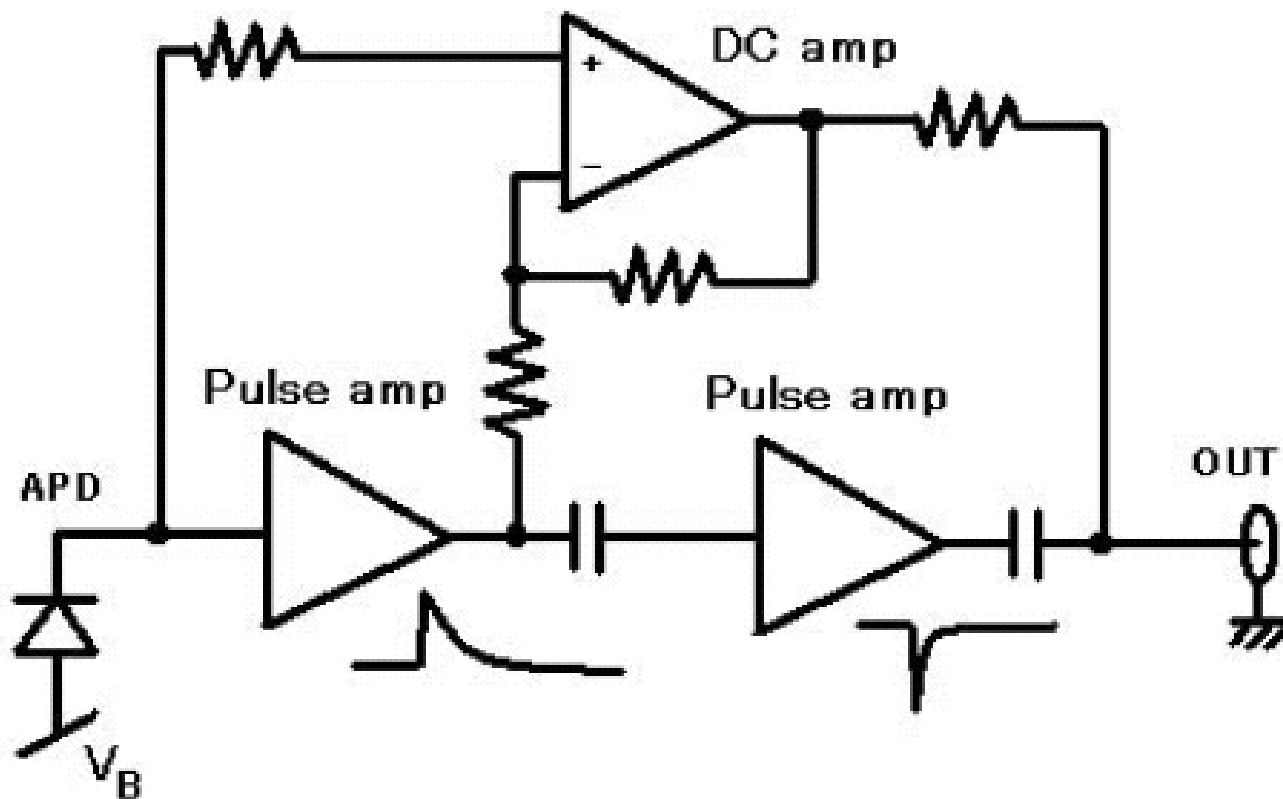


4 mm

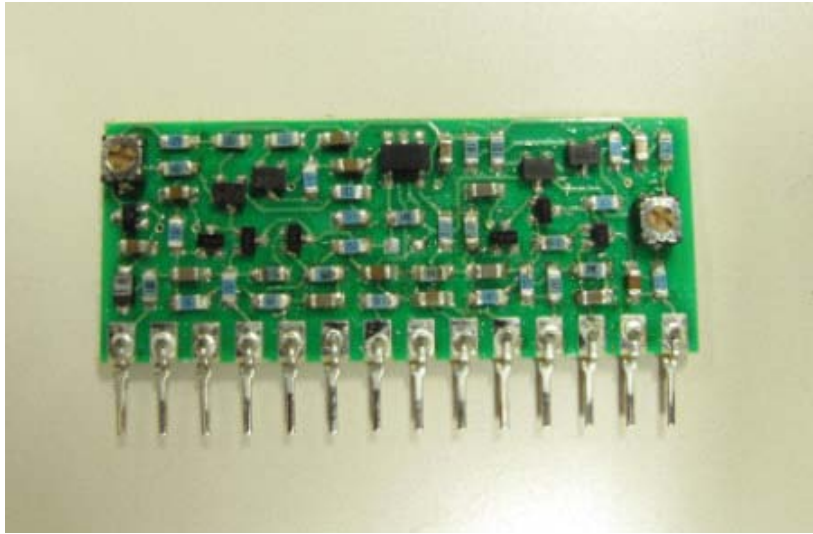
09年度

BLR機能つきハイブリッドICアンプ2号機(<1 ns-FWHM)をテスト。

ディスクリートアンプ(DC再生型)

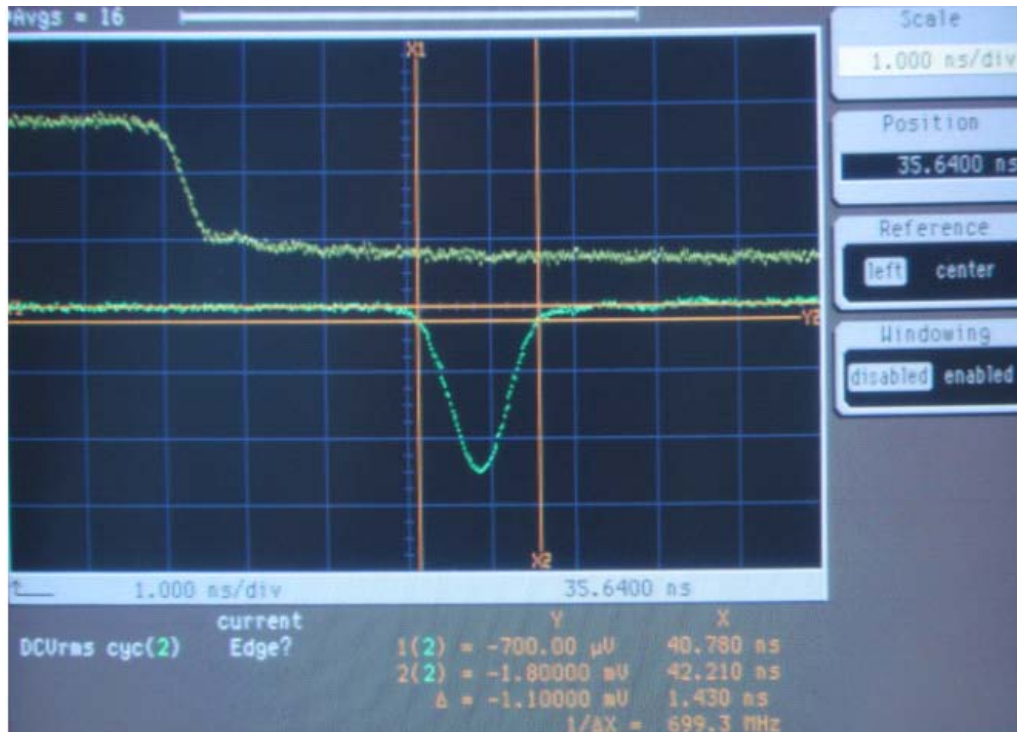


- 初段のパルスアンプの入力と出力電圧差をDCアンプで検出。
- 後段のパルスアンプは増幅すると同時にパルス幅を縮めて、ACカップルで出力する。
- DCアンプの出力を出力に抵抗を通して付け加える。



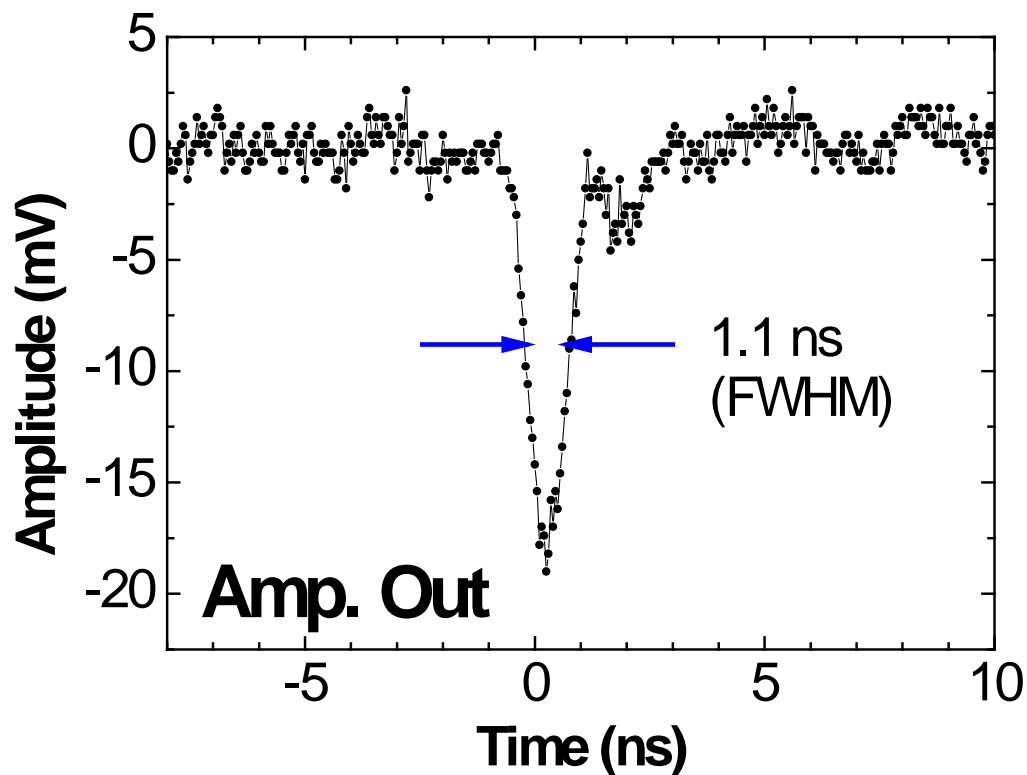
ディスクリートアンプ

- インパルス反応～
1.43nS(FWTM)。
- 入力等価雑音電荷：
1080等価電子@0pF。
 - 3.9KeV(Si)/gain。
- 消費電力
 - +5V:20mA
 - -5V:2mA
- DC再生機能。
 - 検出器電流再生。
- 製作目的
 - ASIC版のための予備テスト。
 - 小規模システムに実用。

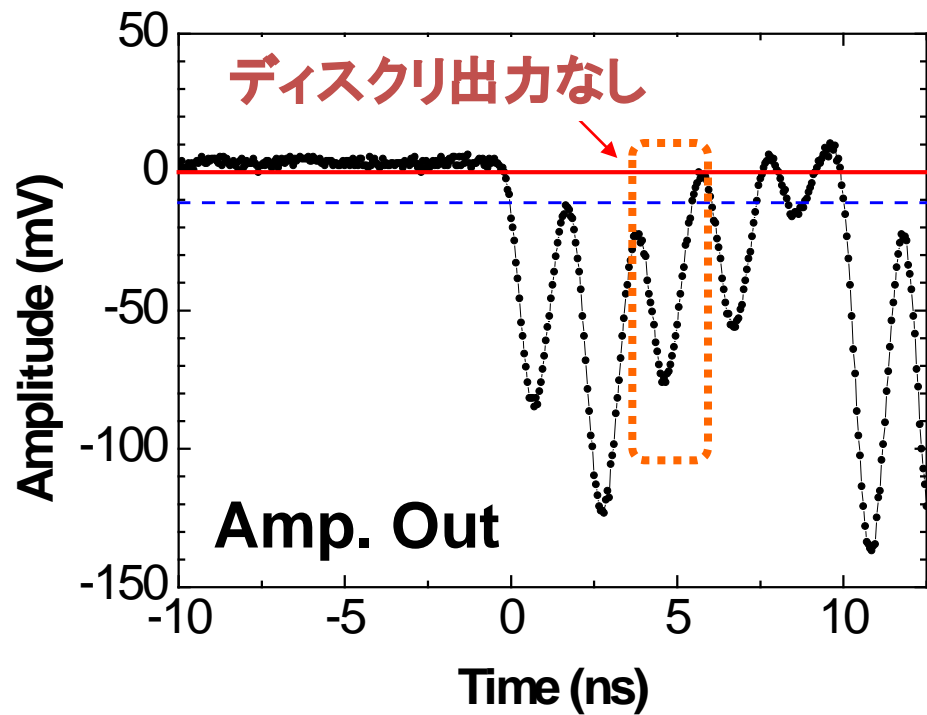


Si-APD

1mm径、30 μ m(空乏層厚)
(浜松ホトニクス S5343LCタイプ SPL3941)
4pF, 逆バイアス電圧:-250V (M~30)



X-ray energy :
8 keV



Input: 4.2×10^9 phs/s

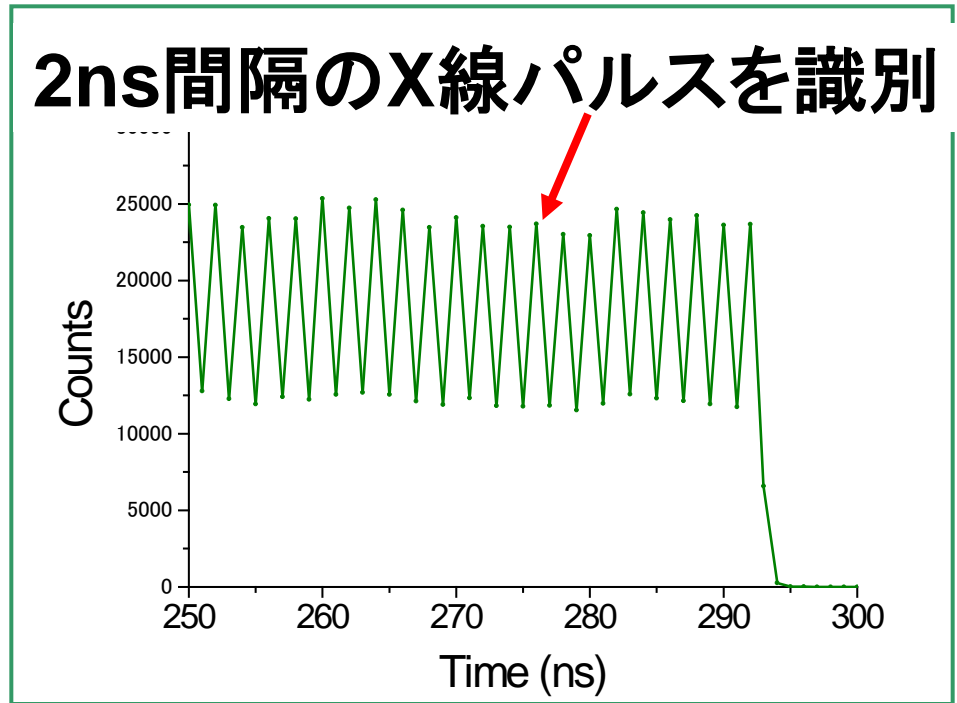
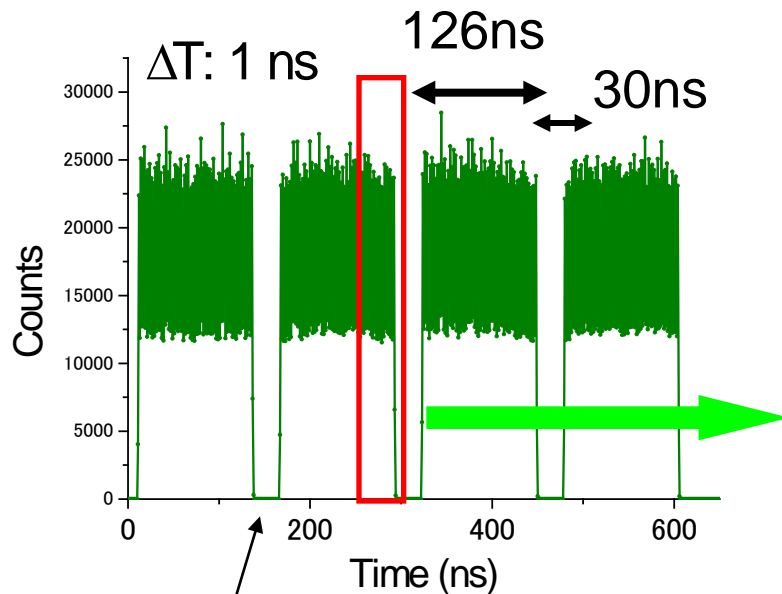
← TH level: -11 mV

ベースラインシフトは
ほぼ解決。
パルスのすそ部分の重なり
は残った。

Si-APDリニアアレイ検出器による測定

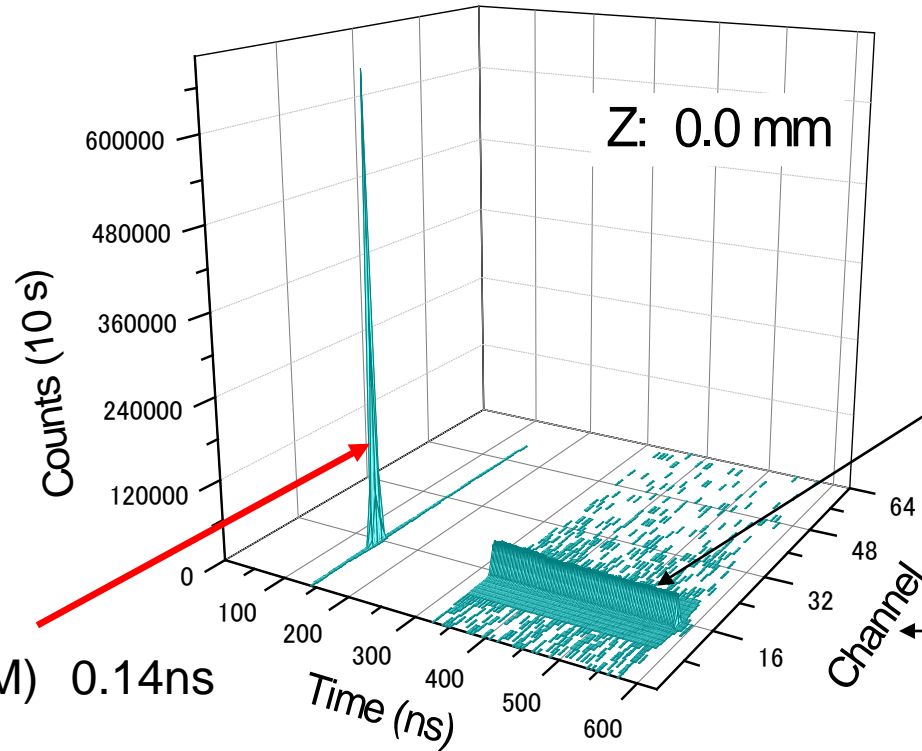
サンプリング時間(ΔT): min. 1ns 時系列の計数ch:1024

PFリング マルチバンチ運転でのテスト測定 @8-keV

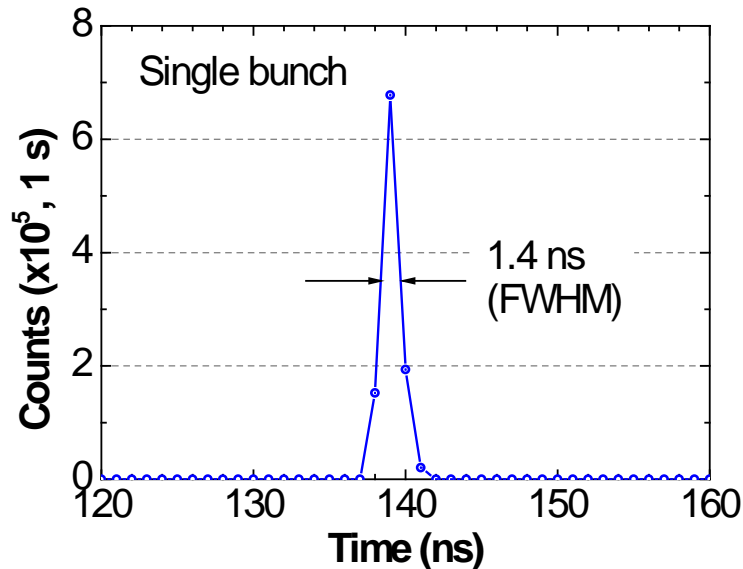


1周624ns = 2ns間隔312バンチ分。30nsの空バンチ領域が4個ある。
トリガー信号は、RF 500MHzを1/312(1.60MHz)に分周して入力。

PFリング ハイブリッドモード運転時のX線計数時間分布: $\Delta T: 1\text{ns}$ での測定。



シングルバンチ
電子バンチ幅 (FWHM) 0.14ns

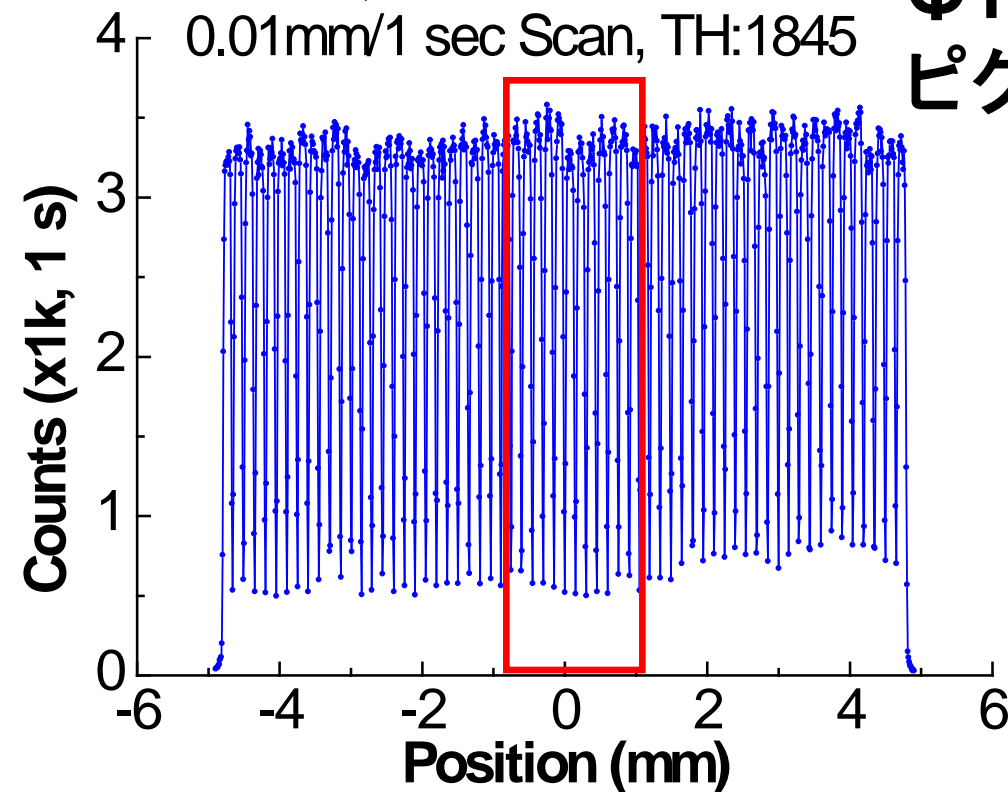


時間幅: 1.4ns (FWHM)
による測定が実現できた。

No filter, +160 V
0.01mm/1 sec Scan, TH:1845

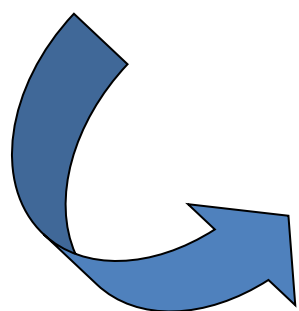
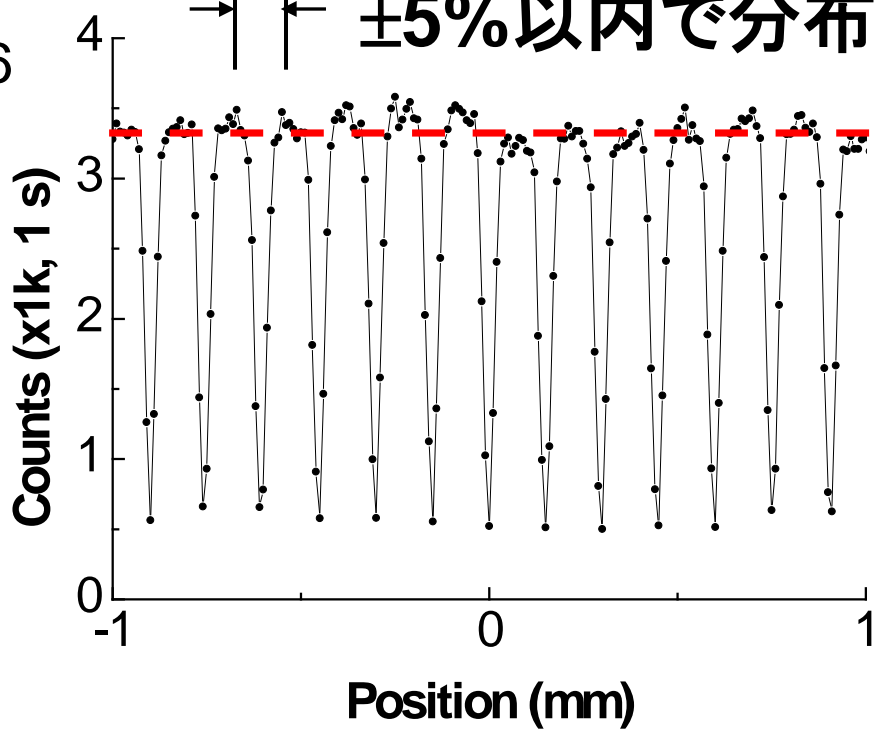
Φ10μmビーム(8keV)による ピクセルごとの計数測定

検出効率(平均): $10.3 \pm 0.2\%$

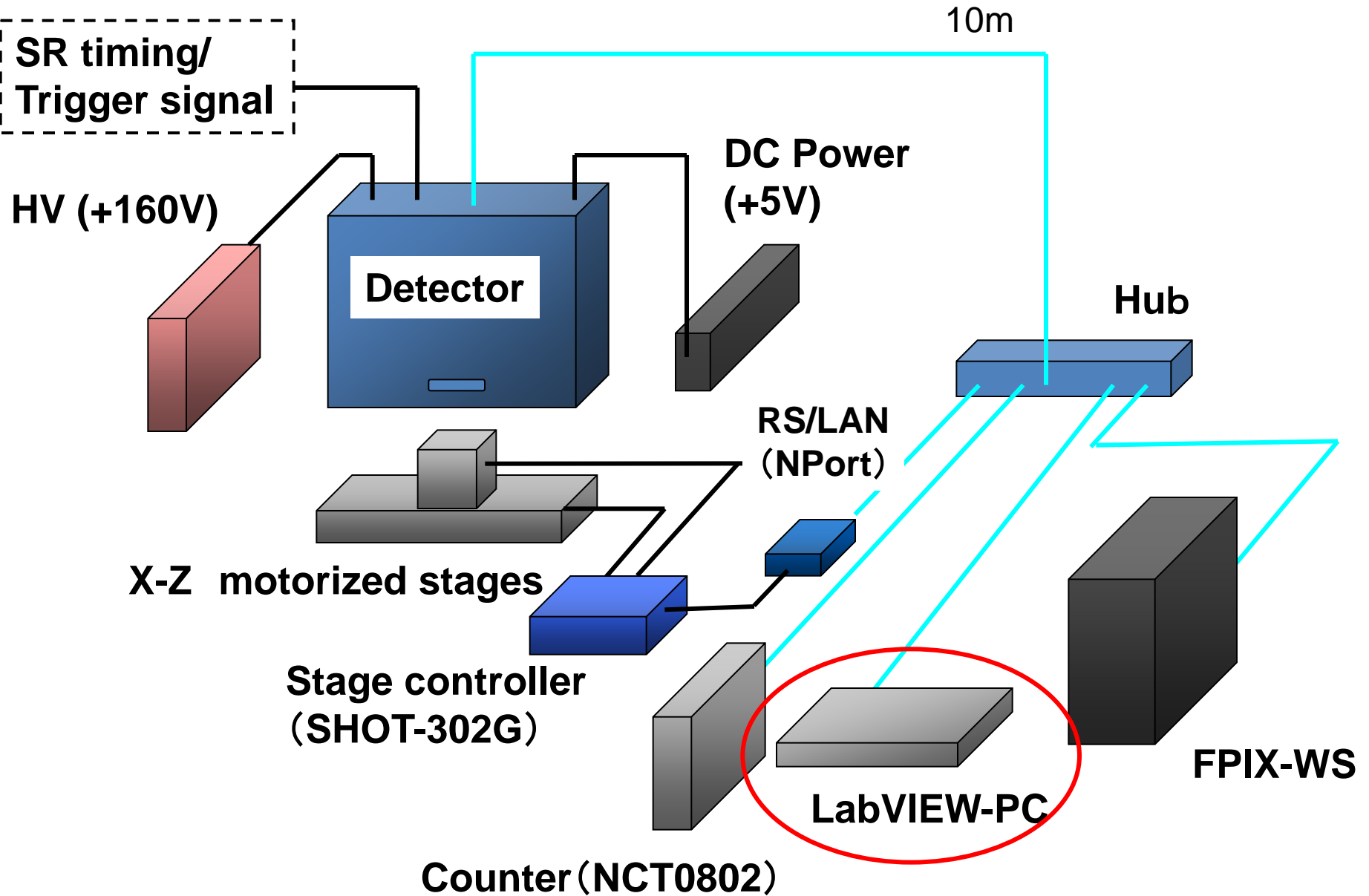


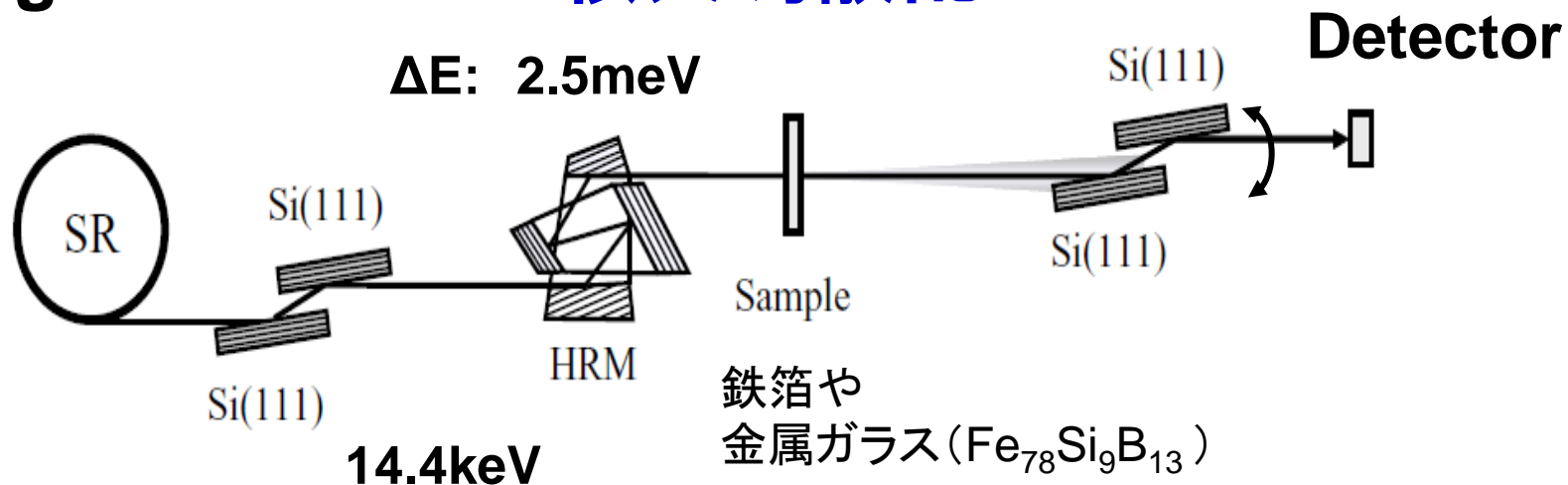
0.15 mm

ピクセル平均値:
±5%以内で分布



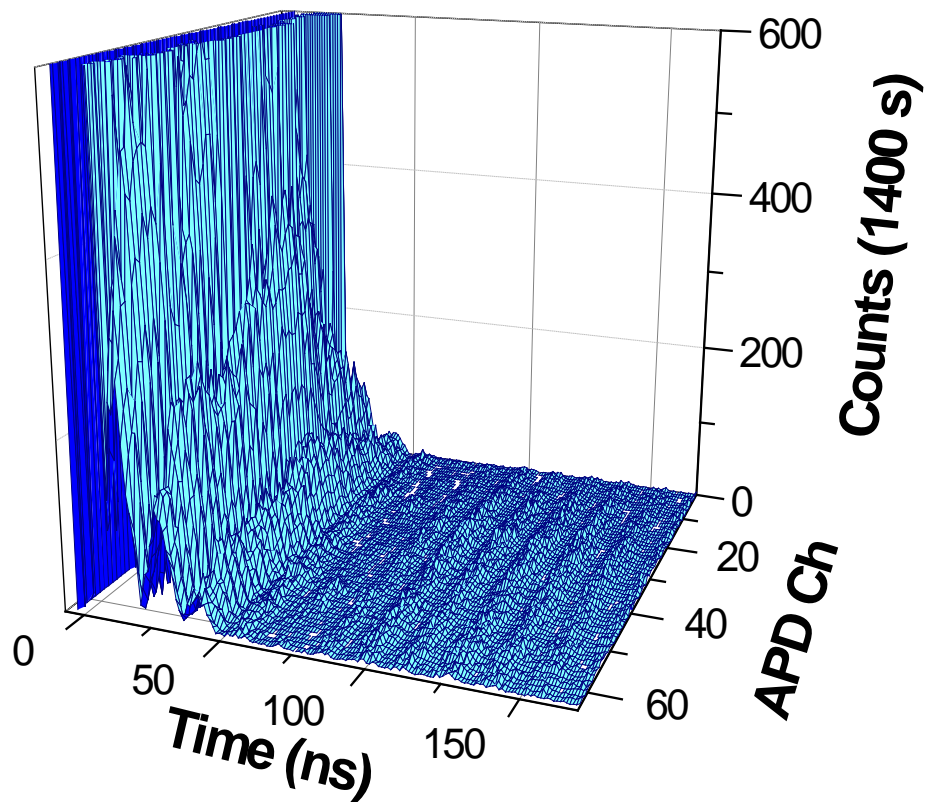
64ch Si-APD linear-array Detector system

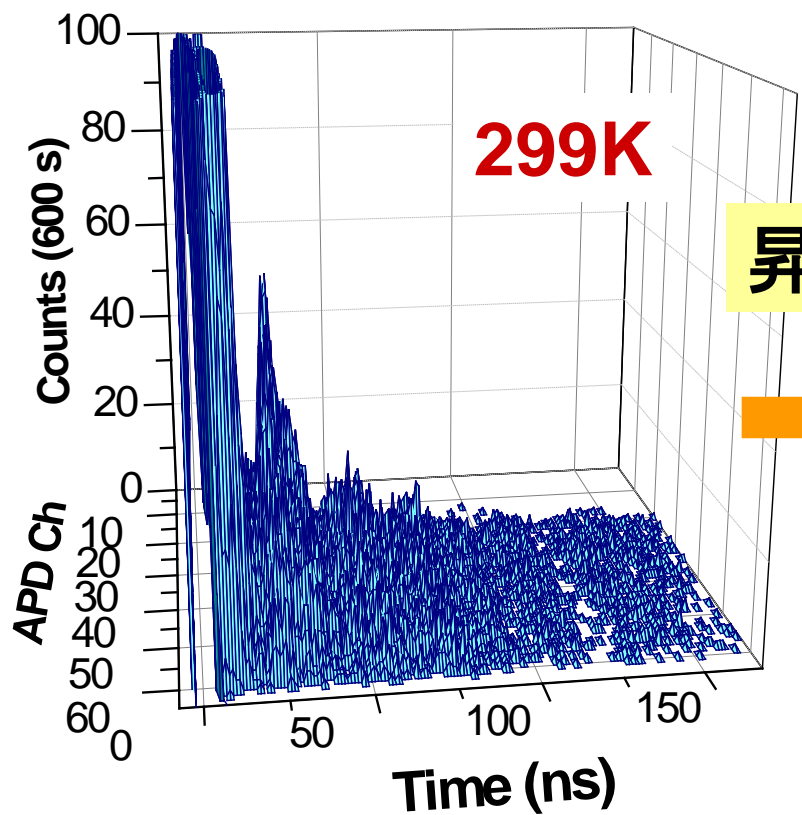




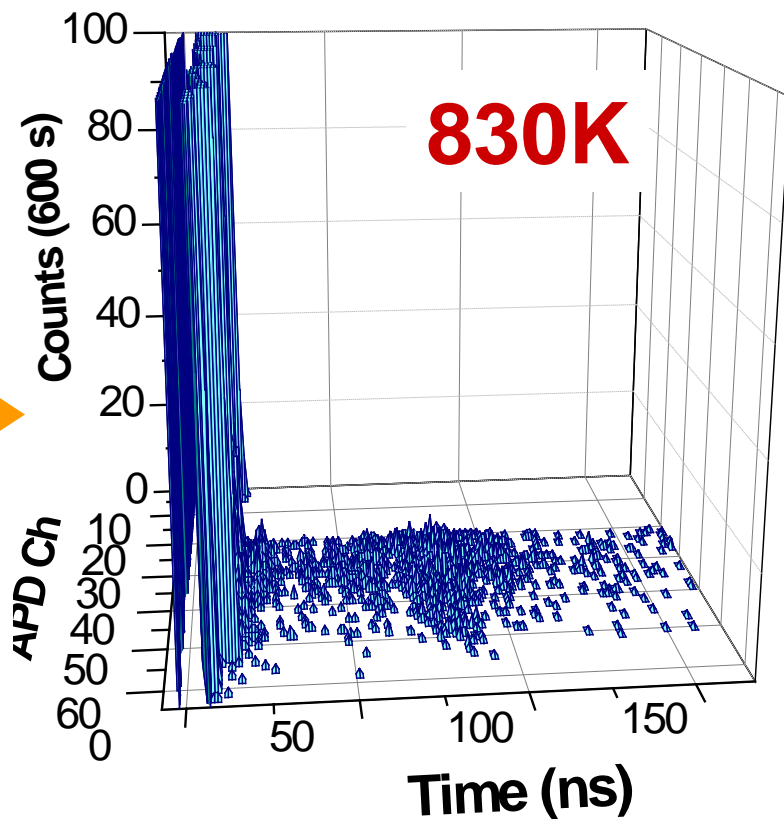
鉄箔
Fe-57 90%濃縮
4 μm

外部磁場あり。





昇温



ガラス材料: $\text{Fe}_{78}\text{Si}_9\text{B}_{13}$

高温下でFeSi, FeBの結晶化によって磁性が変化する。

まとめ

1. サンプルング1nsでの時系列計数測定に成功。時間分解能：
1.4ns (FWHM)を確認。
検出効率のピクセル間不均一性： $< \pm 5\%$ 。
2. 64ch リニアアレイ・システムの核共鳴小角散乱への応用：
4月にSP-8 BL09XUで実施。
PFでは、時間分解X線散乱・回折実験への応用を検討中。
今後、サンプルング：0.5ns・時間分解能： $< 1\text{ns}$ の達成を目指す。
3. 高集積度電子回路系の採用によって検出器からの情報が
高度化：**位置識別と時間変化を同時測定。**
試料条件(温度、圧力等)の変化、時間変化を追いかける測定が可能になる。