

(様式 2)

議事録番号

提出 2013 年 3 月 13 日

会合議事録

研究会名： 核共鳴散乱研究会

日 時： 2012 年 3 月 5 日

場 所： SPring-8、京都大学原子炉実験所、東京大学生産技術研究所 (TV 会議)

出席者：(議事録記載者に下線)

小林寿夫(兵県大)、池田修悟(兵県大)、依田芳卓(JASRI)、筒井智嗣(JASRI)、三井隆也(JAEA)、河内泰三(東大)、池田暁彦(東大)、福谷克之(東大)、岸本俊二(KEK)、張 小威(KEK)、春木理恵(JAEA)、増田 亮(京大)、瀬戸 誠(京大)、小林康浩(京大)、北尾真司(京大)、黒葛真行(京大)、壬生 攻(名工大)

計 17 名

議題： 放射光核共鳴散乱法を用いた研究の現状および今後の展開についての発表および議論を行う

議事内容：

1. 「BL09XU の現状と今後」 依田芳卓 (JASRI)

バンチモードおよび低エミッタンス化などの SPring-8 の運転に関する報告と共に、核共鳴散乱ビームライン BL09XU に設置されている装置および受け入れが提案されている HAXPES 測定のために設置される装置および集光光学系についての説明が行われ、関連した議論が行われた。

2. 「超高压下 RFe₂ 合金の高密度水素吸収と逐次磁気転移」 三井隆也 (JAEA)

超高压水素下では、常温・常圧では存在しえない金属の高密度水素吸蔵状態を創成可能であるため、高压下の金属水素化反応をその場解析することで水素・金属間相互作用の詳細な知見を得ることは、高性能な水素吸蔵合金開発にとって大変重要なものとなっている。超高压下物質の局所分析に適した放射光メスバウアー分光により、GPa 級の超高压下金属の水素化反応過程と、これに伴う物性変化をミクロな観点から調べられてきている。最近、このよ

うな研究の一環として、超高压下での高密度水素吸蔵が期待される希土類鉄合金 (RFe_2) を液体水素で充填した DAC 内に配置し、加圧により水素と RFe_2 ($R=Y, Gd$) を反応させた場合の放射光メスバウアー分光が実施された。その結果 RFe_2 ($R=Y, Gd$) 中の Fe のアイソマーシフト変化から、超高水素圧下において、 RFe_2 は、数 GPa の加圧で急激に水素を吸収して安定し、8GPa ~ 15GPa の領域で緩やかな水素吸収を再び起こし、高密度水素吸蔵状態に至るといふ共通の性質を示すことが明らかにされた。また、水素の高密度吸蔵に伴う明瞭な物性変化として、逐次磁気相転移が発生することも示された。関連して詳細な実験方法について説明が行われた。さらに、超微細構造パラメーター変化が示唆する RFe_2 逐次磁気転移の発生起源に関する考察が行われた。

3. 「 $SrFe_2As_2$ の圧力下磁性」 池田修悟 (兵庫県大)

正方晶 $SrFe_2As_2$ は、常圧・200 K において Fe サイトが SDW 転移を示す。静水圧を加えることにより SDW 転移は急激に減少し、消失する近傍で超伝導が出現する。圧力下 ^{57}Fe 核共鳴前方散乱実験を用いて $SrFe_2As_2$ における磁性の圧力変化を調べられた。その結果、超伝導が出現する圧力領域においても、Fe サイトに 40 kOe 程度の内部磁場が存在しており、磁性が存在することが示された。さらに超伝導と共存する磁気秩序は、常圧の磁気構造とは異なることも明らかにされた。

4. 「核共鳴実験用検出器開発の状況 -Si-APD リニアアレイ検出器システム他-

岸本俊二 (KEK)

Si-APD アレイ検出器について、16 チャンネルまでの小規模システムについてハイブリッド IC アンプを使う検出器と、1ns 程度のパルス処理できる高速ディスクリミネータが紹介された。64 チャンネル Si-APD リニアアレイシステムではサンプリング時間 1ns が達成され、核共鳴散乱実験への応用を試みるとの報告があった。シンチレーション検出器について、鉛添加プラスチック・シンチレータの形状による検出器特性の評価や新しいシンチレータ開発を引き続き行っていることが報告された。

5. 「固体表面に物理吸着した ^{83}Kr からの核共鳴散乱」 池田暁彦 (東大)

「20K の $TiO_2(110)$ 表面に物理吸着した ^{83}Kr の単層・多層吸着層を試料として、核

共鳴散乱実験が試みられた。実験は微斜角配置で行われ、多層および単層の ^{83}Kr からの核共鳴の信号を得ることに成功した。単層条件では0.25cpsの信号強度が得られ、5層と単層のどちらの条件でも時間スペクトルの測定に成功したことが報告された。

6. 「Fe/MgO[001]薄膜界面磁気異方性 -KEK PF-ARでの核共鳴散乱法を用いた表面・界面分析の現状と展望-」 河内泰三（東大）

^{57}Fe Δドープ法により、Fe/MgO[001]界面及びFe膜中に ^{57}Fe を添加した試料を準備し、KEK PF-AR NE1A ビームラインを利用した放射光核共鳴散乱法により、界面及び膜中の磁化方向及び内部磁場の温度依存性を調べた。測定の結果、界面においてはFe[001]方向に面直配向し、膜中においてはFe[010]方向に配向していることがわかり、界面及び膜中におけるキュリー温度はそれぞれ766K及び900Kと見積もられた。また、温度依存性から磁化の次元が、界面の方が低下すると思われる傾向が観測された。KEK PF-AR NE1A ビームラインは ^{57}Fe 核共鳴散乱測定に制限されているが、一方で集光系が優れており、表面・界面物性測定に有効であることが実験結果から示された。

7. 「真空中 APD 検出器による Yb-174・Ni-61 放射光メスバウアーエネルギー スペクトル測定計数の向上について」 増田 亮（京大）

エネルギー領域の放射光メスバウアー測定法において従来の蛍光X線に加えて内部転換電子を測定する為の真空仕様 APD について紹介が行われた。従来の検出器と比較して、この検出器が計数効率の向上(数10%~数倍)を果たしていることが示された。また、これを用いた測定として、ナノ粒子水素化物のNi-61メスバウアー分光測定、価数揺動物質のYb-174メスバウアー分光測定についての結果が紹介された。さらに、これらの核種におけるメスバウアー分光法のさらなる測定効率向上に向けた取り組みについて議論された。

8. 「今後の核共鳴散乱研究会および SPring-8 の Upgrade plan について」 瀬戸 誠（京大）

SPring-8のUpgrade planについて行われた意見集約の結果が紹介された。また、今後の核共鳴散乱研究会についての方向性等についての議論が行われ、関連して次期研究会代表の選考方法についての議論が行われた。

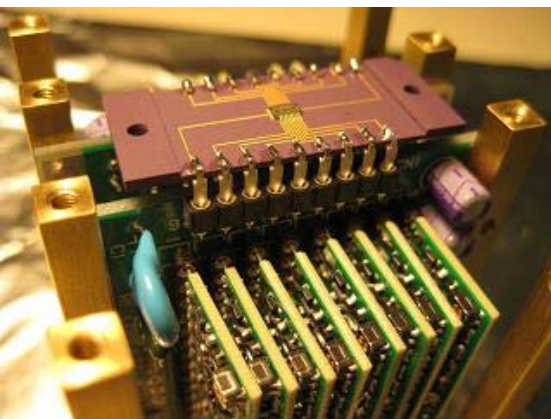
核共鳴実験用検出器開発の状況

1. Si-APDリニアアレイ検出器の進展
2. 高エネルギーX線用シンチレーション検出器

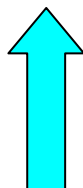
岸本俊二

高エネ研 PF

A. 16-ch Si-APDアレイ検出器

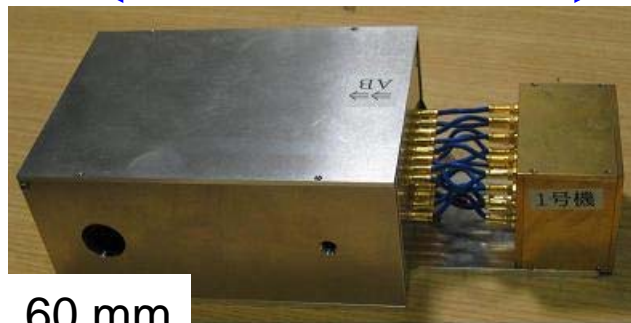


$200 \times 200 \mu\text{m}^2$

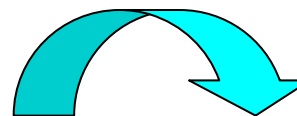


x 16 個

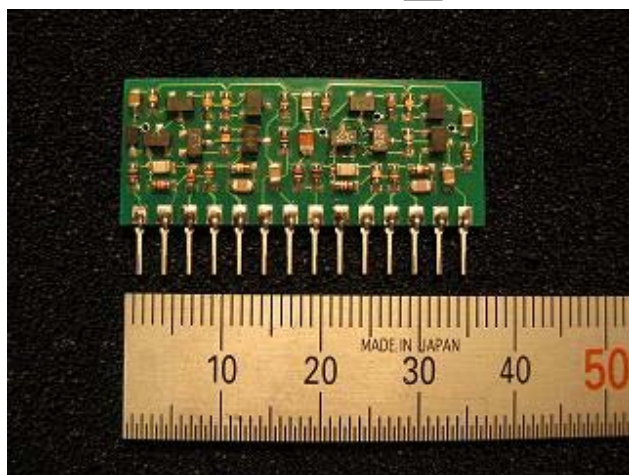
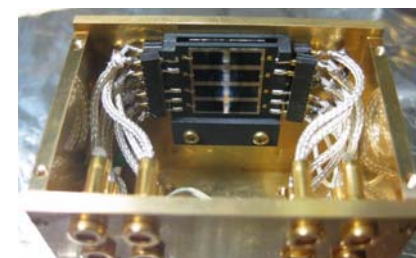
~200mm



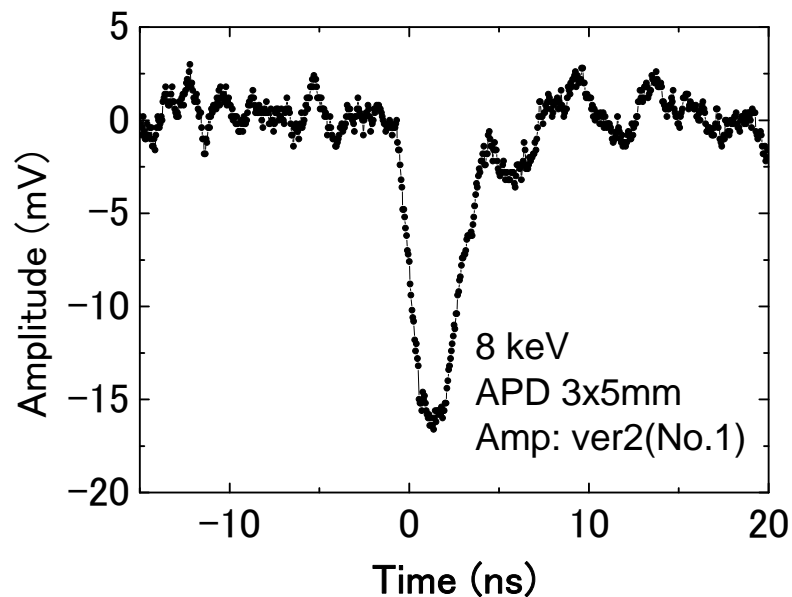
60 mm



$3 \times 5 \text{mm}^2$, $150 \mu\text{m}$
8ch 2層: 16channel



ハイブリッドICアンプ

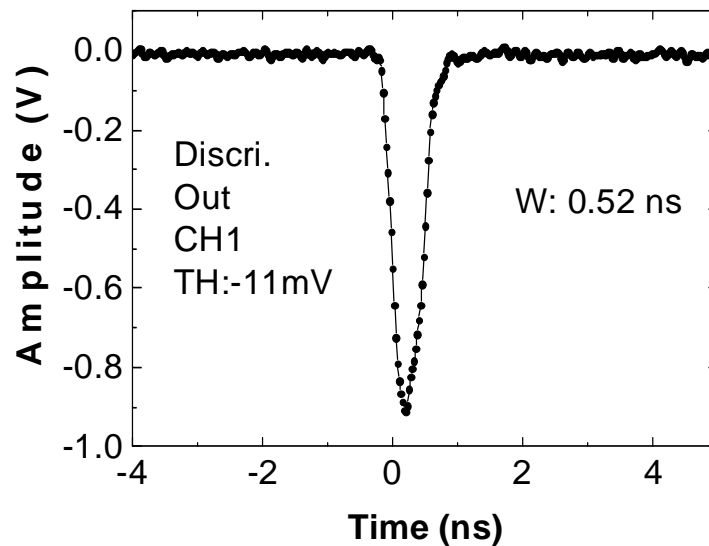
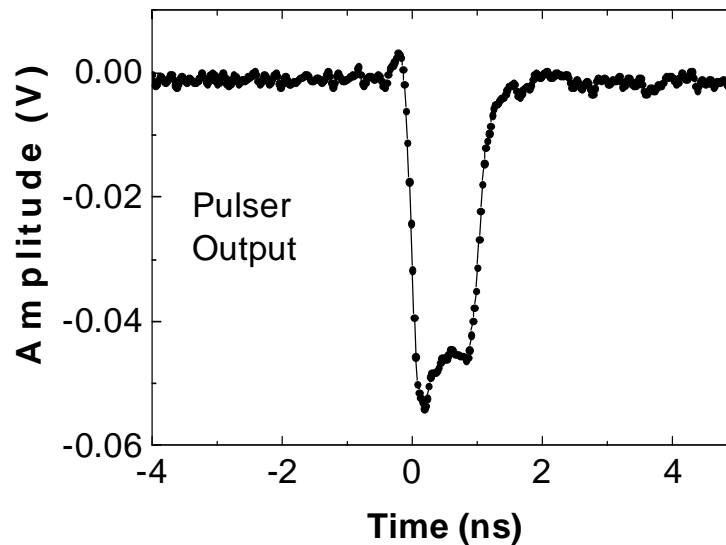


2012年製作

Throughput: >650MHzのDiscriminator : VTH -11mVからOK。



GNN-600
(株)ジーエヌディー
~40万円/台



p-common、 $^{130}\mu\text{m}\cdot\Phi 3\text{mm}$ 素子による電子線の検出

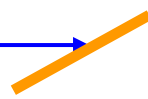
76.47keV



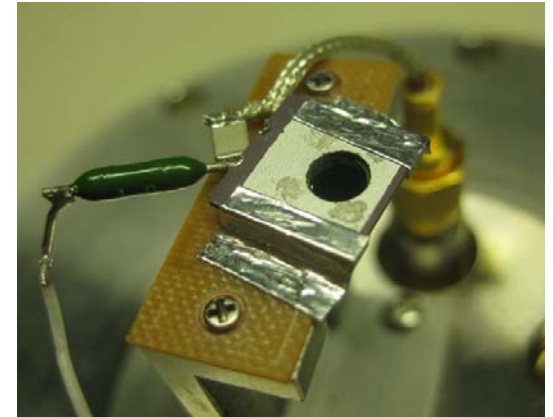
APD(受光側:p+)



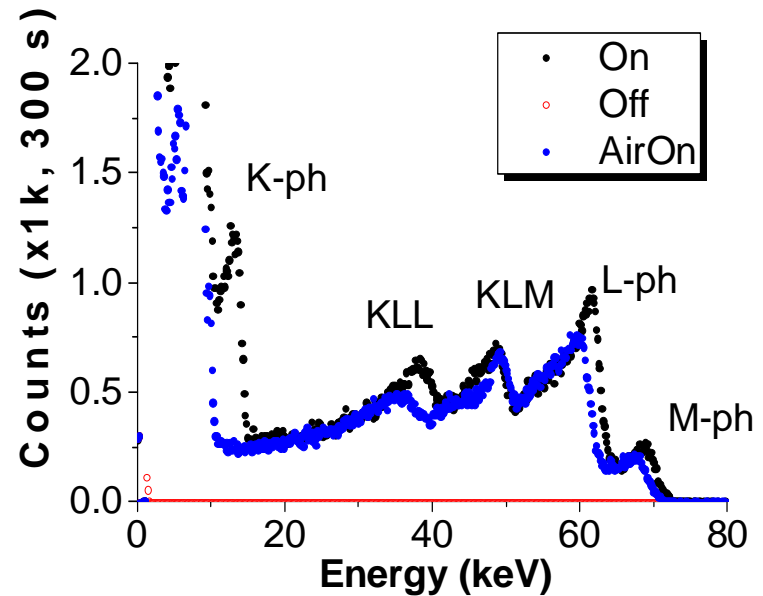
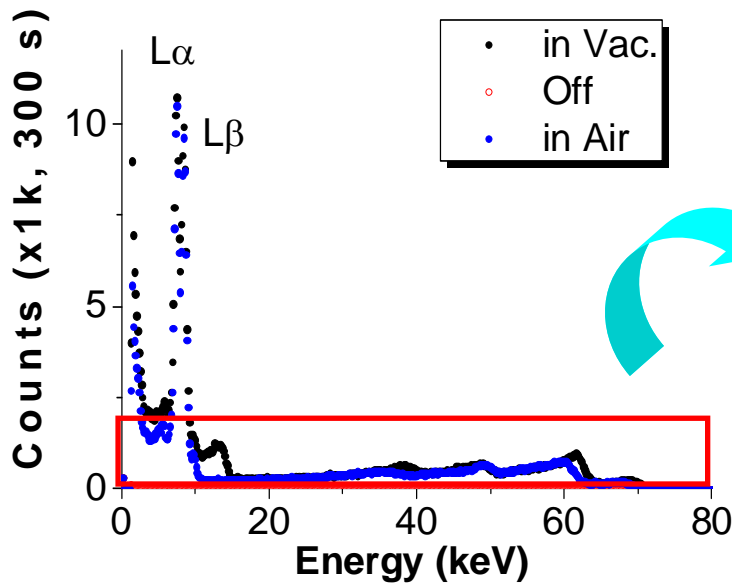
~2mm



Yb foil
25 μm



charge-sensitive preamp.: 2001A
APD Vr: -250V



B. 64チャンネル Si-APDリニアアレイ

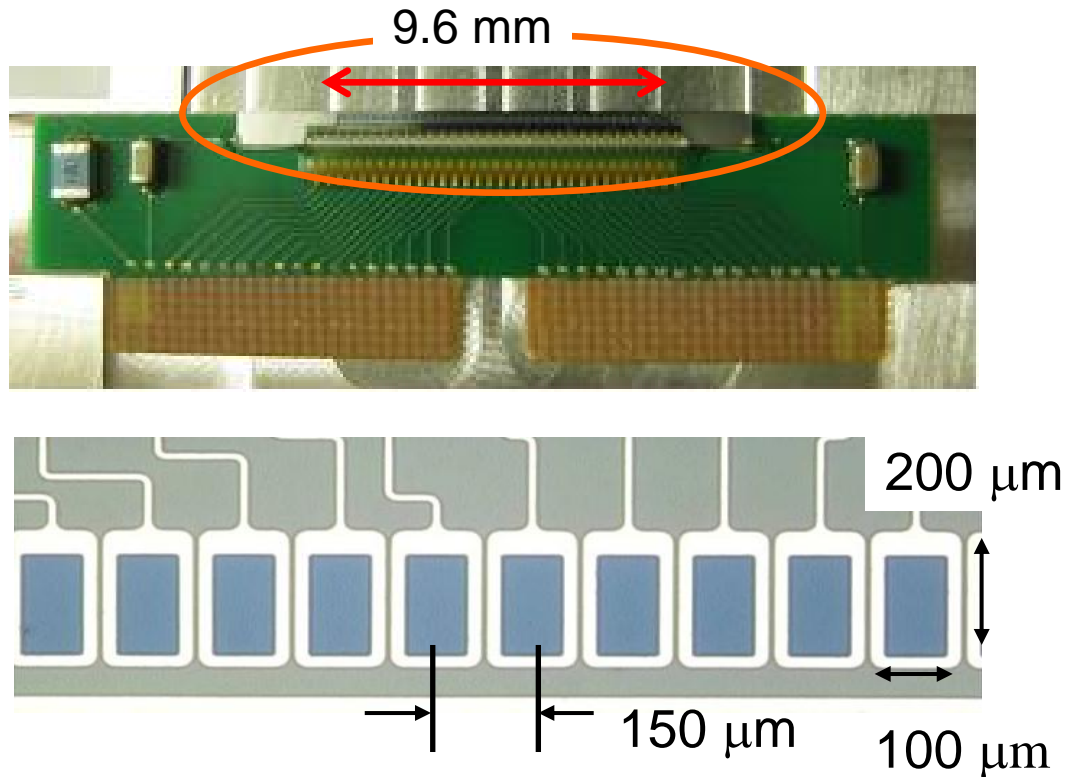
Hamamatsu S5343-9158

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

9.6mm long with 0.15-mm pitch

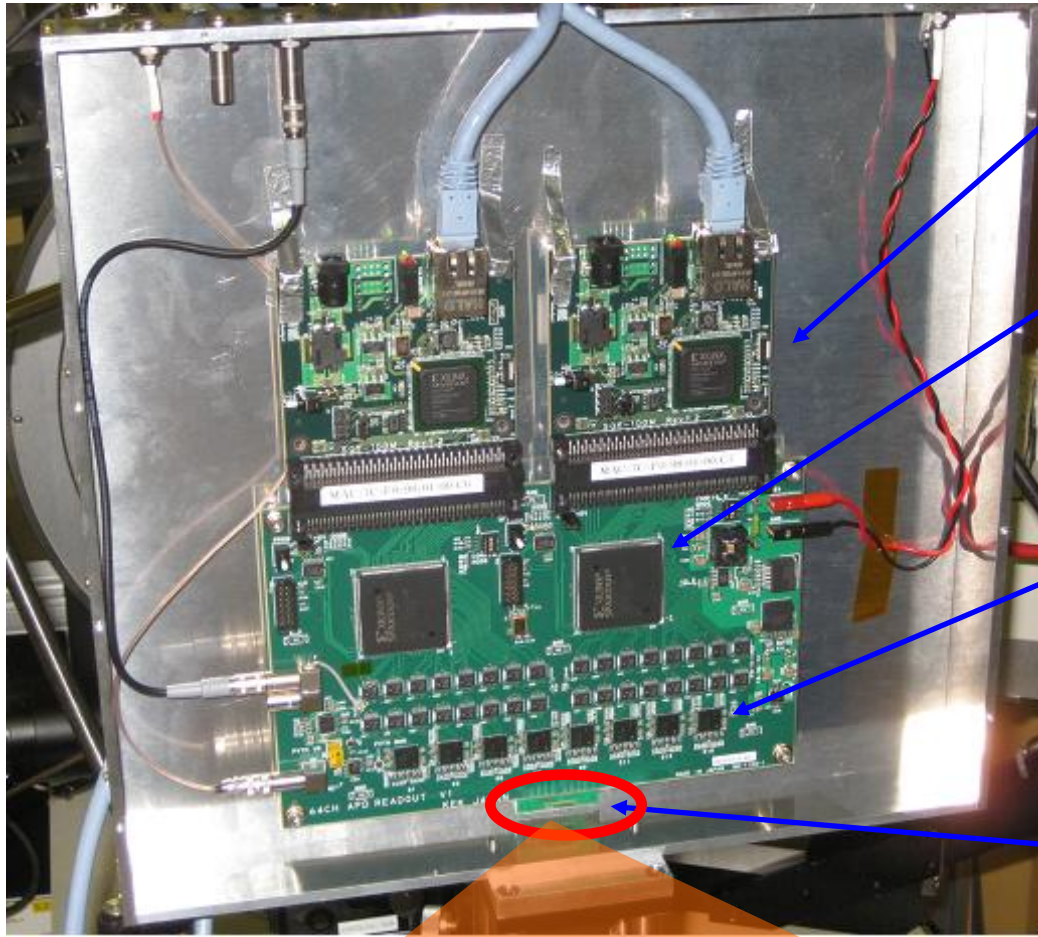
Thickness : $10\ \mu\text{m}$

→ Time resolution of Si-APD itself : 100 ps



Test measurements at PF BL-14A

Ver.1 システムによる実験。 2011年12月～2012年6月。
X-ray Energy: 8keV

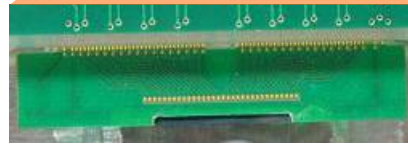


The SiTCP
(a network processor)
board with Ethernet。

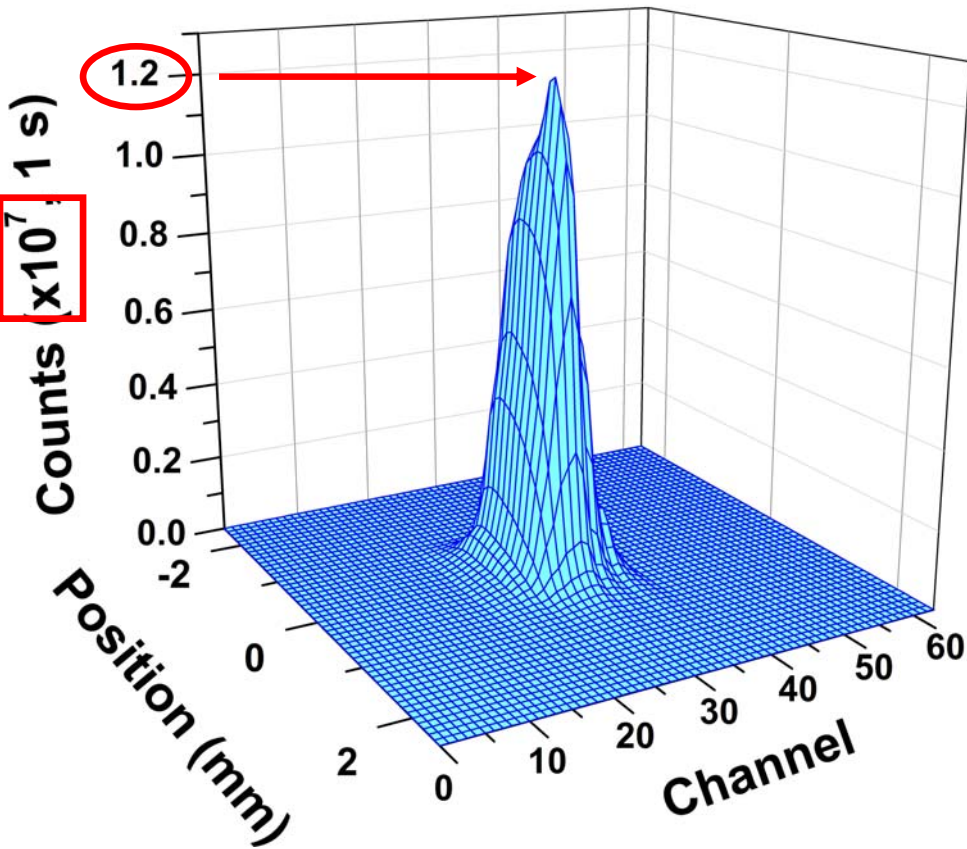
FPGA
(XC3S500E-4PQ208C)

The Frontend Board,
mounting
16 ASD-ASICs

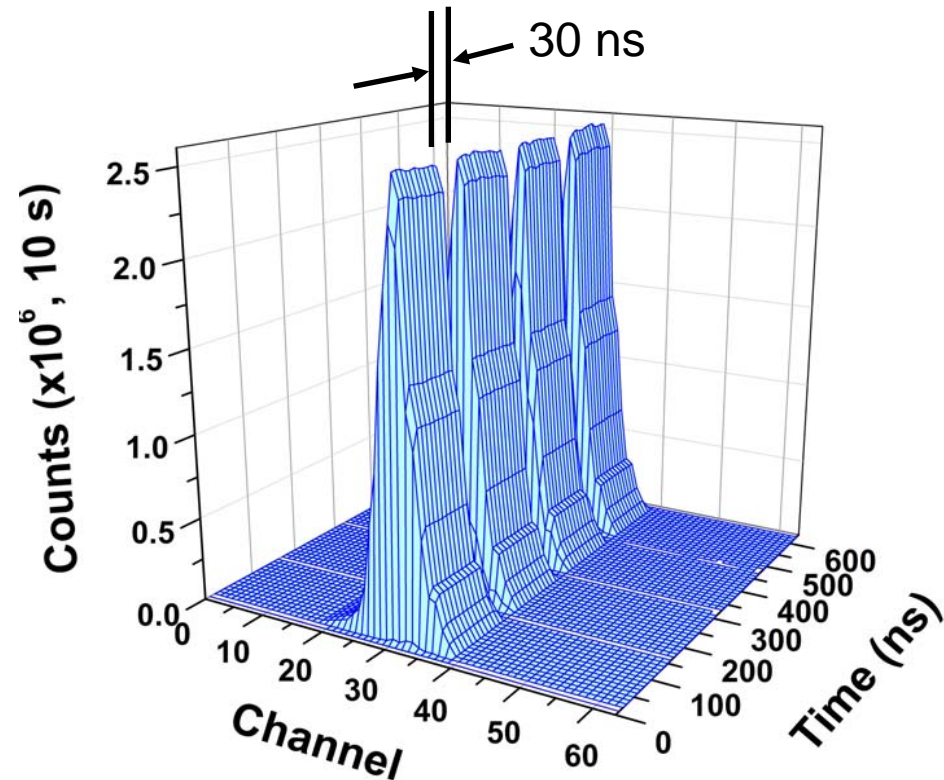
The Si-APD
Linear-array



X-ray beam profiles



A beam profile of 8-keV X-ray beam, obtained by scanning a position of the **64-ch** linear array



Time-resolved profile with a **10-ns time bin**

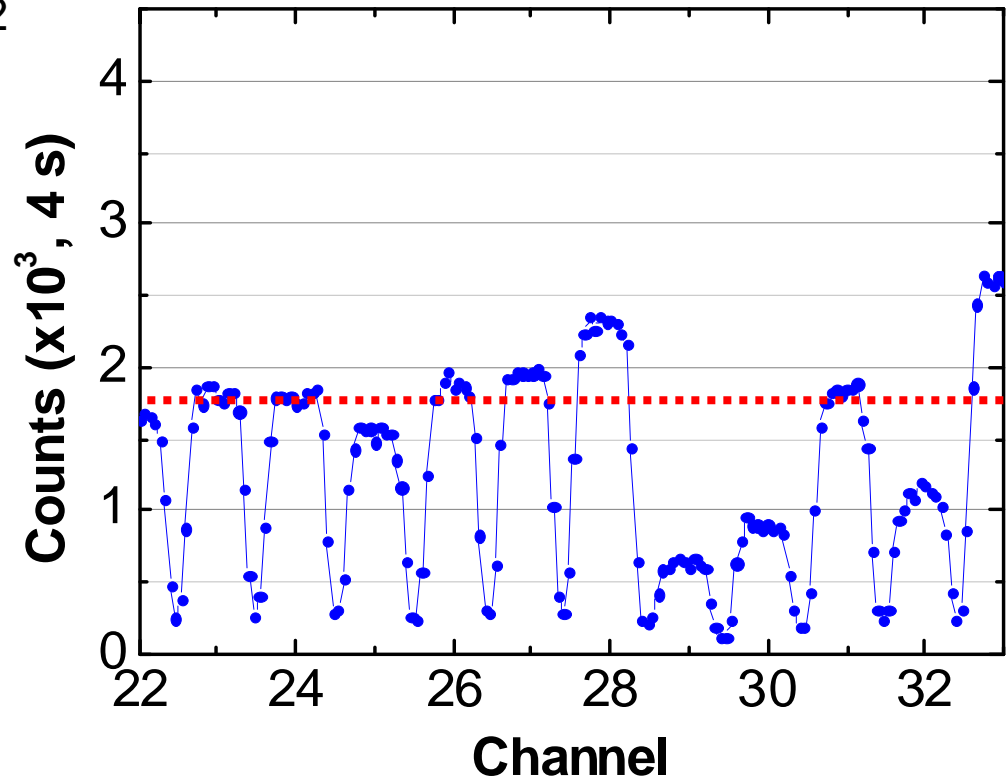
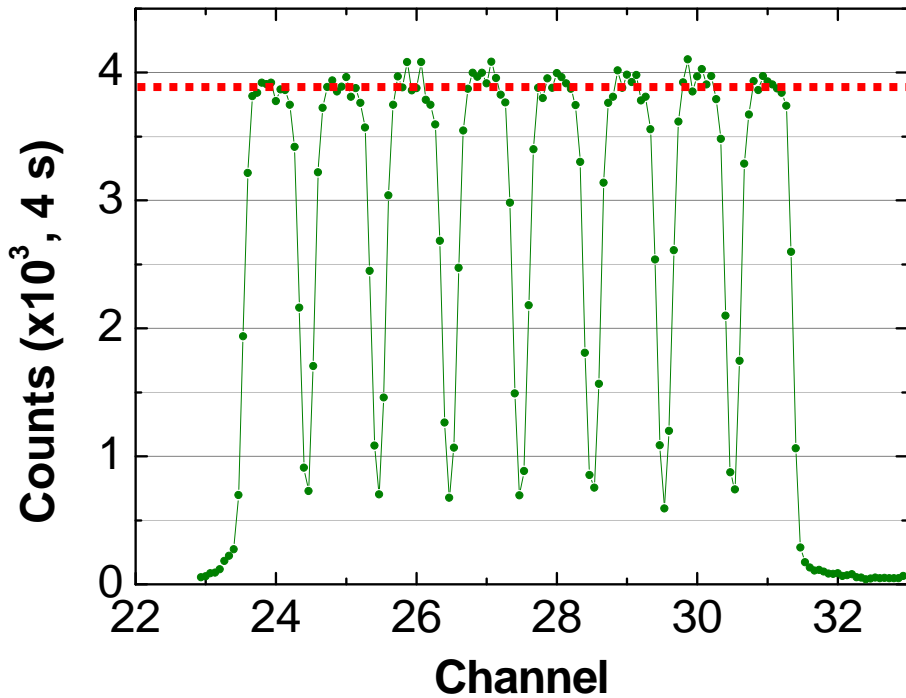
PF ring : 624 ns in one revolution
4x (Multi-bunches: 126 ns + gap: 30 ns)

Efficiency

By Charge Amp.:

11% at 8 keV (\rightarrow 8 μm thick)

Uniformity: $\pm 2\%$ (in all pixels)



By 64-ch system:

**$\sim 50\%$ of using Charge Amp.
(average)**

Uniformity:

- 60% - +50% (in all pixels)

#Ver.2システム： 改良ASIC+FPGA&SiTCPボード

PF BL-14Aでテスト： 2012年10月, 2013年1月

#64CH_FE基板

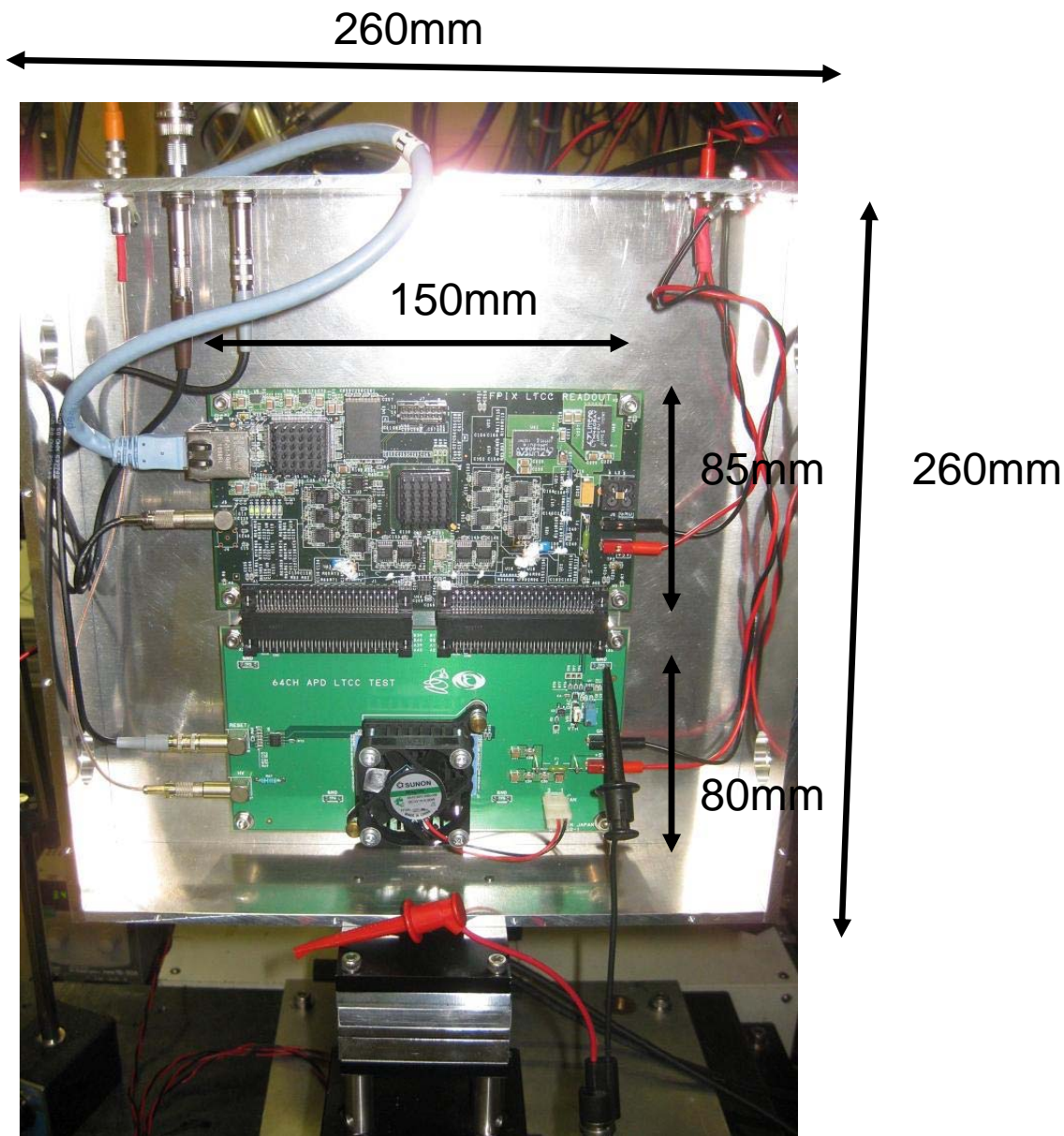
FE-ASIC: 2011 APD chip (BiCMOS, PECLout, 4ch/chip)

LTCC(ASIC 4個)x4,
ASIC冷却用Fan付き。

#READOUT基板

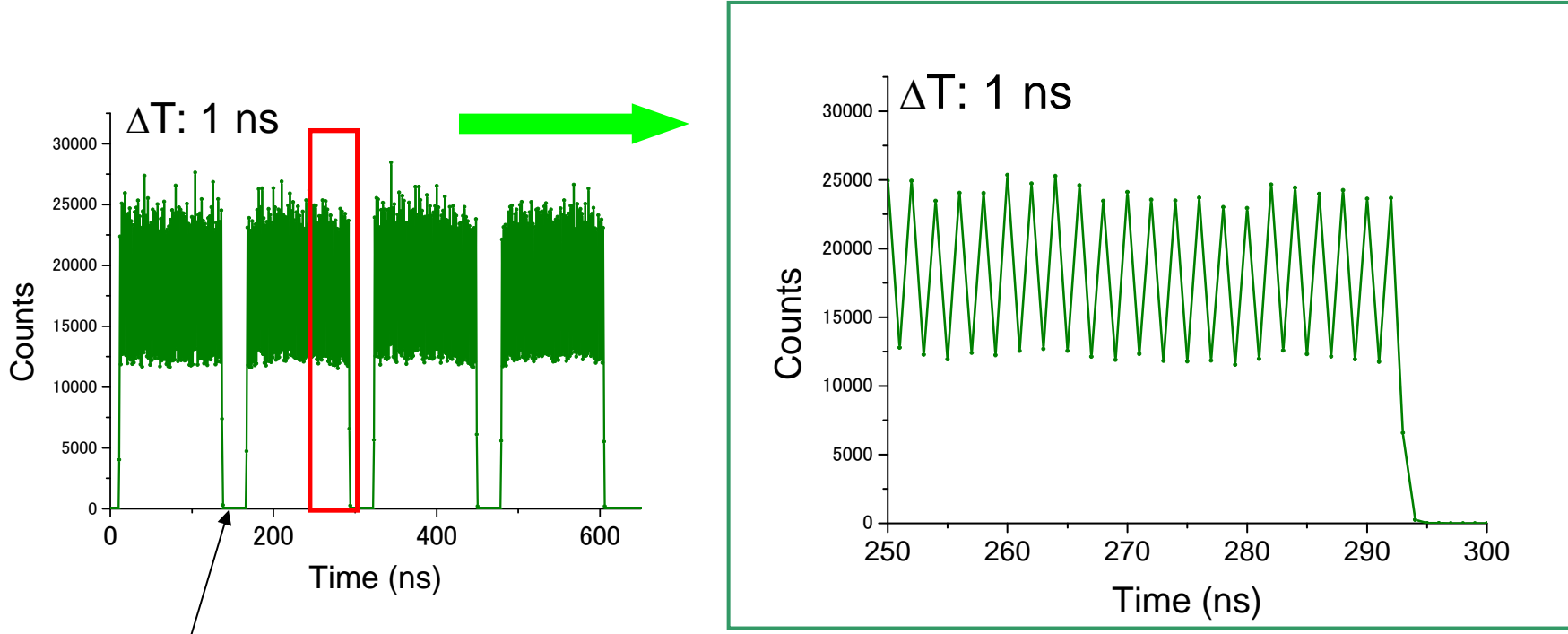
FPGA: XC6SLX150-
3FGG484、
Si-TCP搭載。

60mm ↗



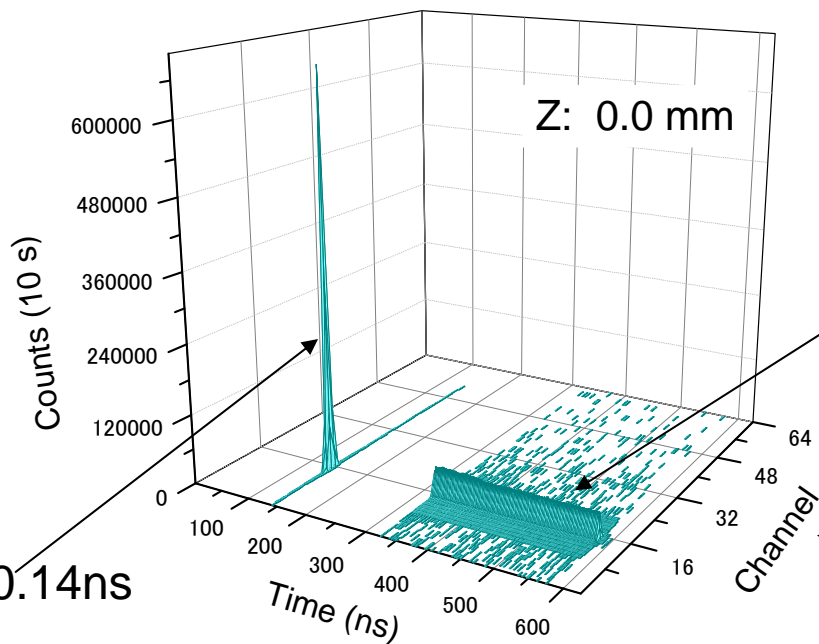
PFリング マルチバンチモード運転時のX線パルス計数時間分布

1nsサンプリング ($\Delta T: 1\text{ns}$)により2ns間隔のX線パルスが識別できている。



PFリングは1周624ns。マルチバンチモードは30nsの空バンチ領域がある。

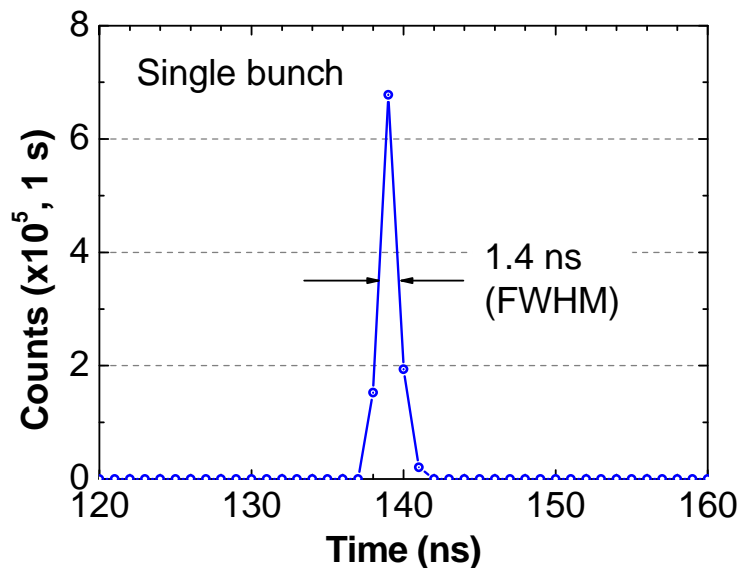
PFリング・ハイブリッドモード時のX線パルス時間分布: $\Delta T: 1\text{ns}$ での測定。



シングルバンチ
電子バンチ幅 (FWHM) 0.14ns

マルチバンチ
(130バンチ)

リニアアレイの
チャンネル: No.1~64
ch.16付近にビー
ム入射。

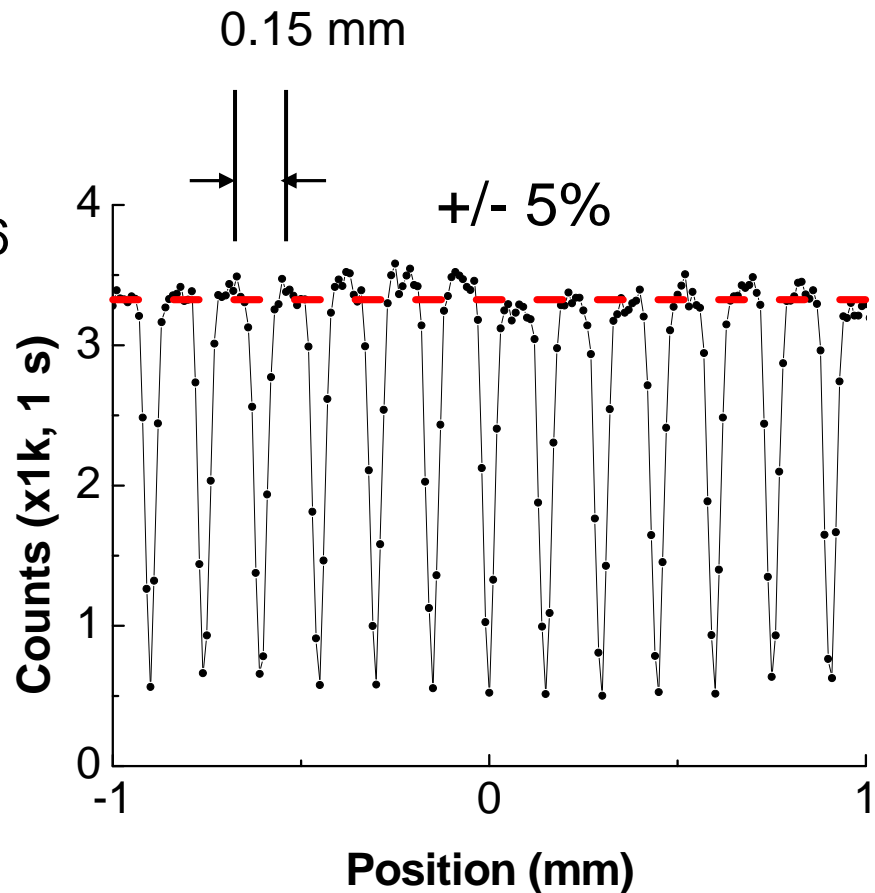
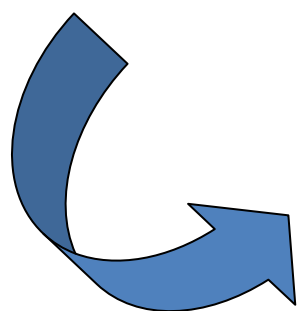
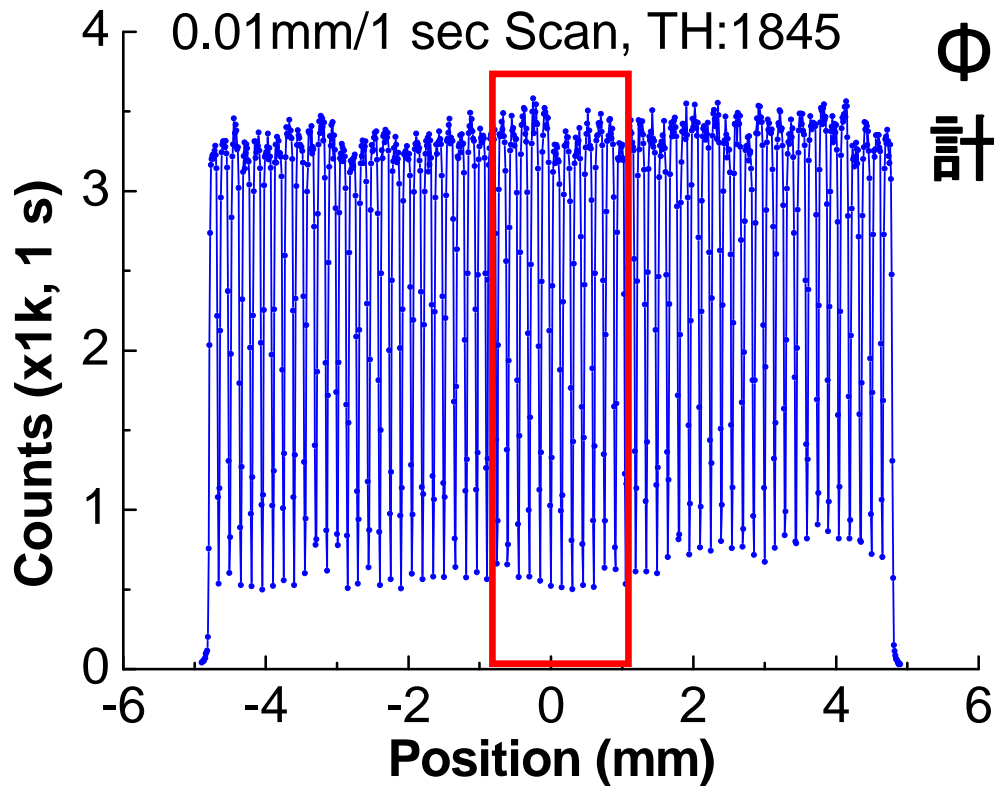


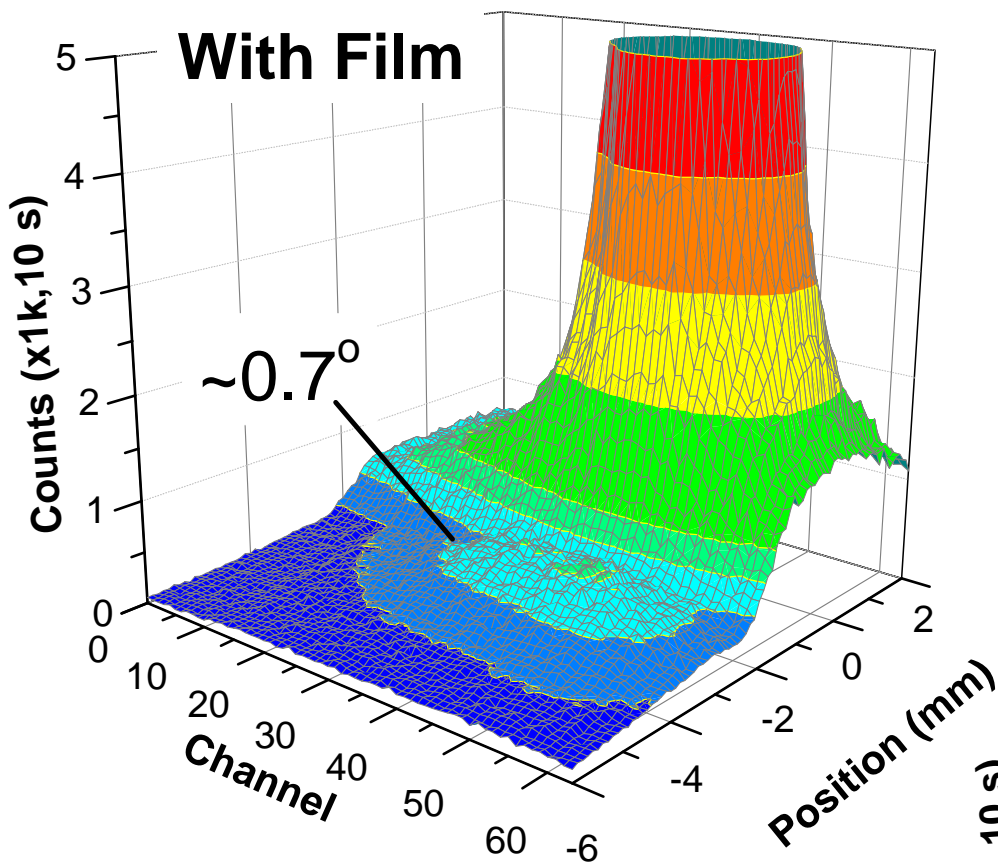
時間幅: 1.4ns (FWHM)
による測定が実現できた。

No filter, +160 V

0.01mm/1 sec Scan, TH:1845

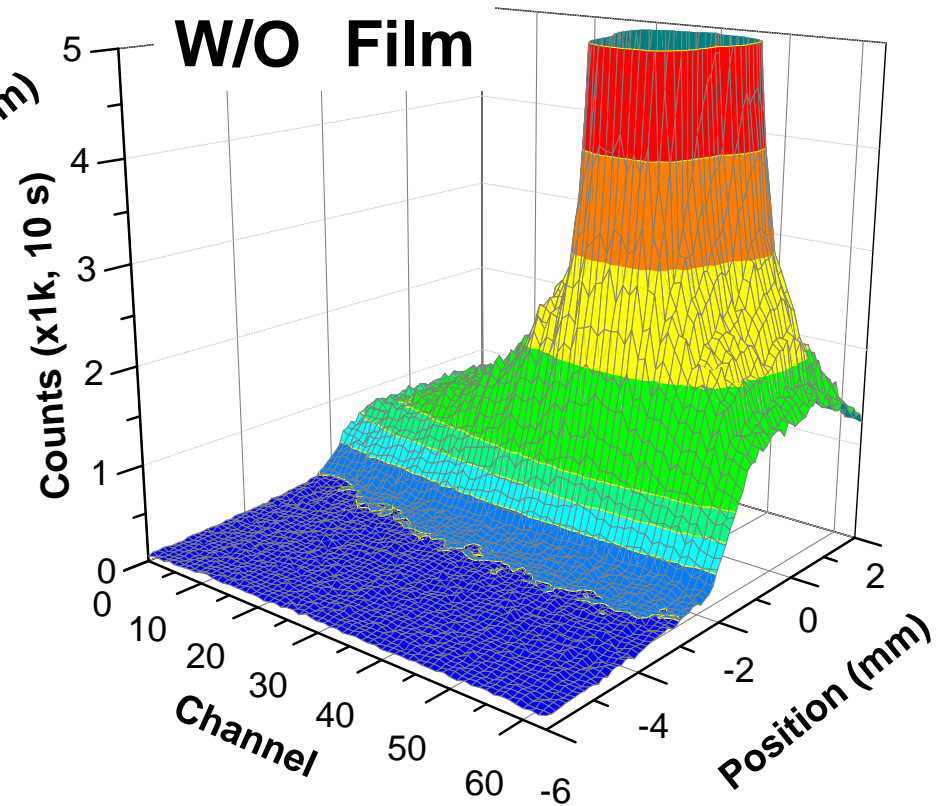
$\Phi 10 \mu\text{m}$ ビーム (8keV) による 計数分布測定





Poly Vinylidene Fluoride
(PVDF)の小角散乱

↓
ferroelectric polymer
の“刺激”による構造変化 ?



アレイの各チャンネルについて
時系列の計数変化を記録できる。

サンプリング時間: min. 1ns
時系列の計数ch: 1024

Si-APDアレイ検出器 — 今後

1. 64ch リニアアレイ・システムの核共鳴小角散乱への応用。
2013年4月にBL09XUで実施予定。

他、時間分解X線散乱・回折実験への応用。

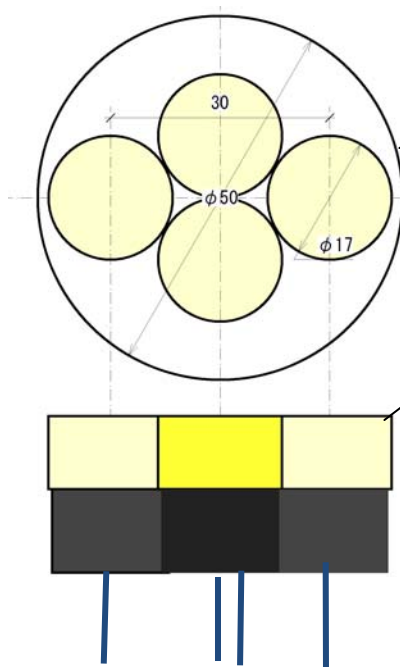
2. P-commomタイプによる内部転換電子線検出器
ハイブリッドICアンプ/NIMディスクリミネータ

2. 高エネルギーX線用シンチレーション検出器

* 鉛添加プラスチックシンチレータ: NE142 (Pb 5wt%含有。BC452と同等。

発光寿命: 1.7 ns) 検出器

$\Phi 17.5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}^t + \Phi 9.2 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}^t$ 4個を「ひし形」配置。
立体角考慮して、検出効率 $\sim 9\%$ @67.4keV。固有検出効率: $\sim 30\%$



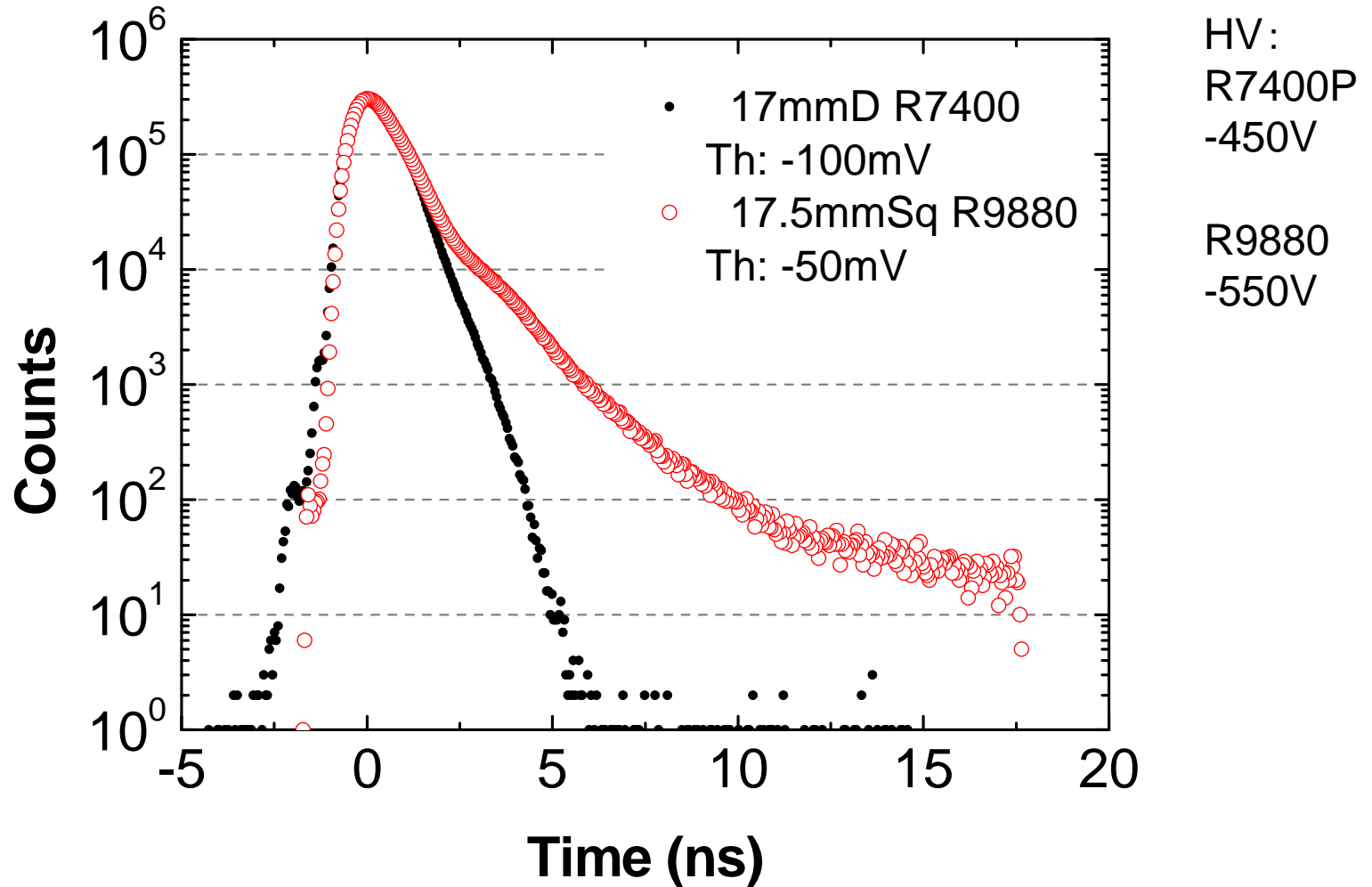
X線入射窓: Al $25 \mu\text{m}$,
 $\Phi 50\text{mm}$

シンチレータ: NE142

PMT:
Hamamatsu R7400P,
 $\phi 16 \times 11.5 \text{ mm}$
→受光窓径: 9.4 mm

17.5mm角型シンチレータでの時間応答(2012年6月)

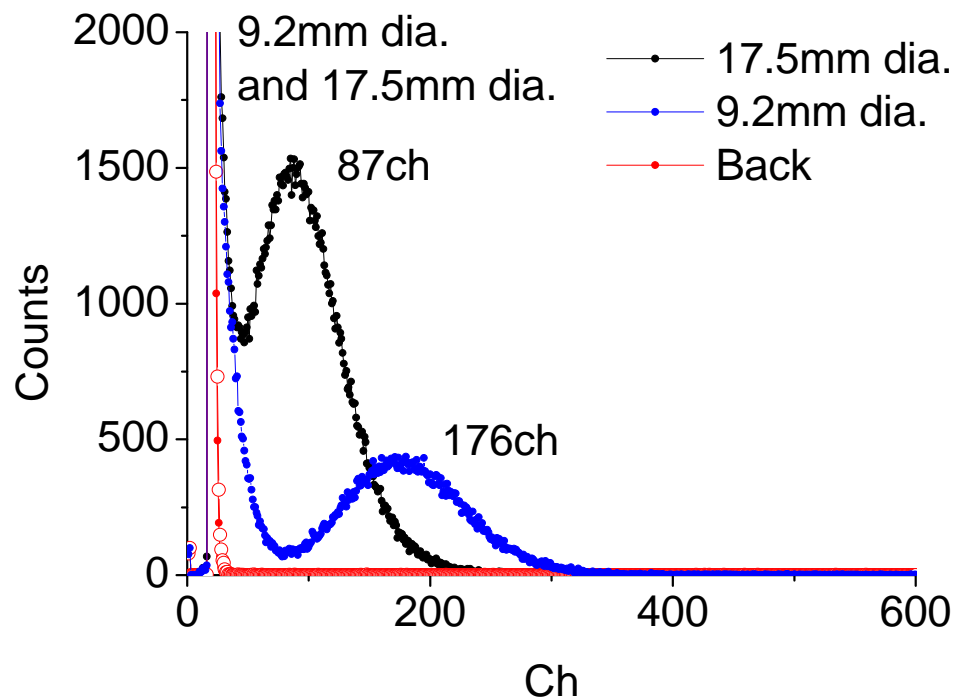
➡ 「すそ」引きのため使用できない。Φ17mm型検出器に変更。



波高分布

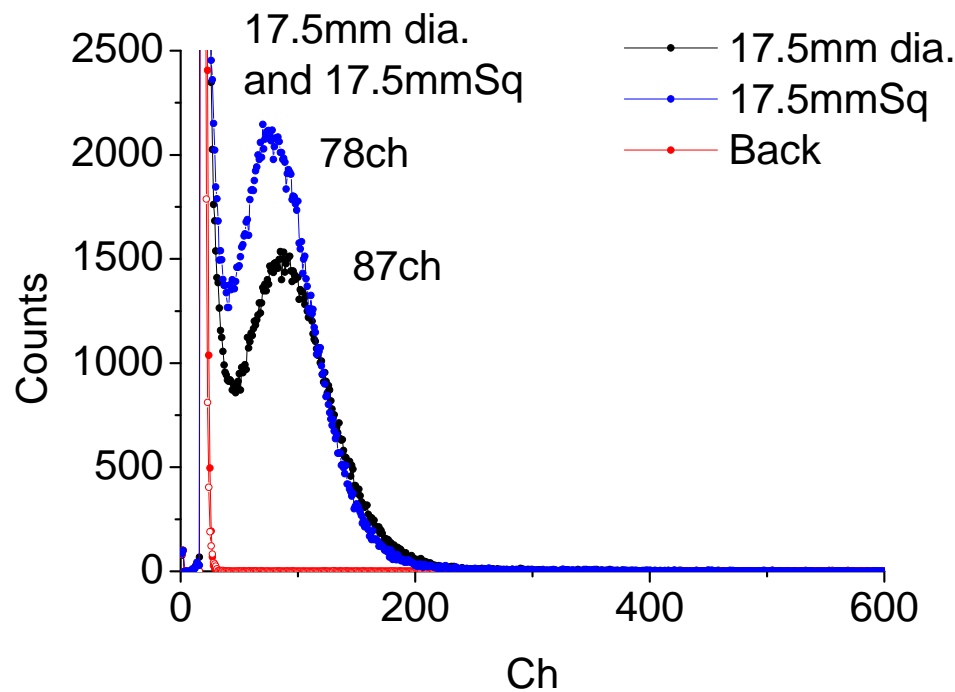
円柱 $\Phi 9\text{mm}$ と $\Phi 17.5\text{mm}$ 。全面研磨

Scattering



円柱 ($\Phi 17.5\text{mm}$) と
直方体 (17.5mm角)

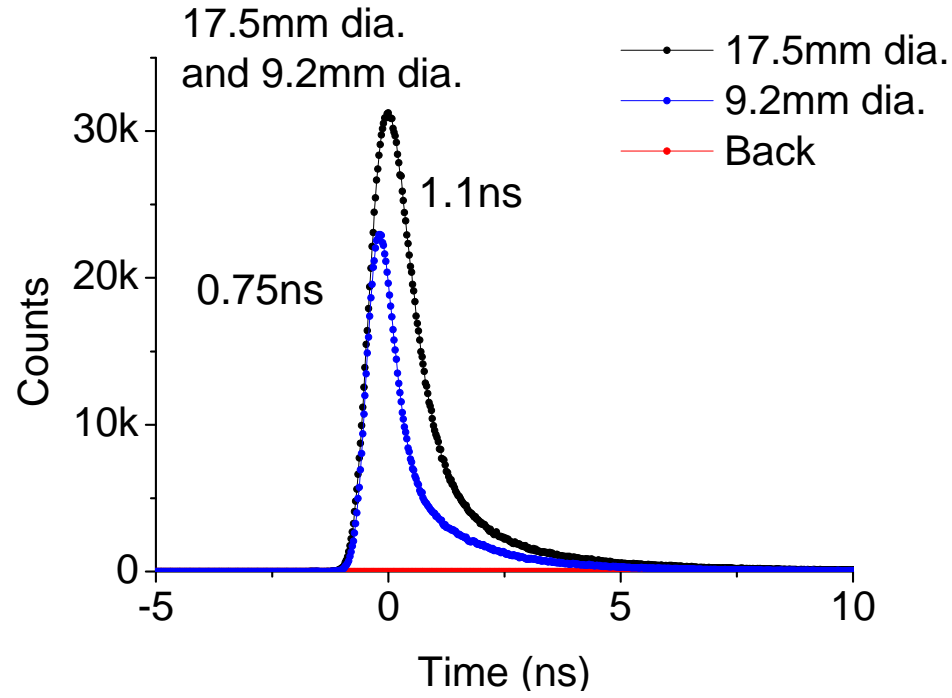
Scattering



時間スペクトル

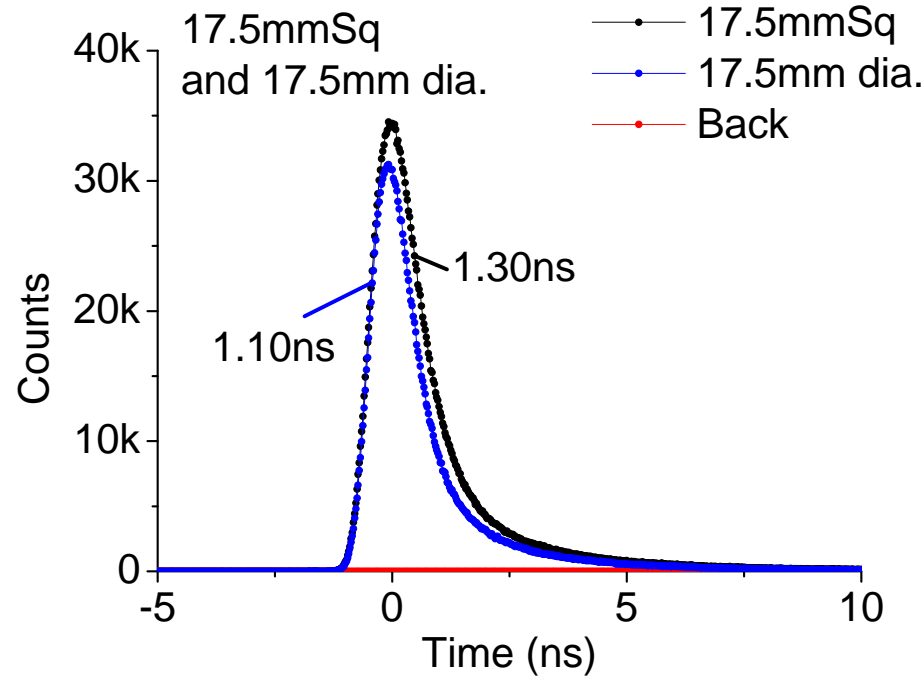
円柱 $\Phi 9\text{mm}$ と $\Phi 17.5\text{mm}$

Scattering



円柱 ($\Phi 17.5\text{mm}$) と 直方体 (17.5mm角)

Scattering



2. シンチレーション検出器：CRESTより継続

1. シンチ形状の違いによる特性評価：

- * 直方体と $\Phi 17.5\text{mm}$ との差(時間スペクトルでのPeak/tail(@10ns)比が一桁小さい)は、形状+側面非研磨による影響(主に波高分布の差)のためと推定。DiscrのTHレベル設定によって1光子ノイズが切りやすいかどうかに影響。
→ シミュレーション: Geant4を使う開発手法の確立を目指す。

2. 半減期: 5ns以下の励起準位に適用、より高い検出効率をめざす。

- * NE142の場合: $\Phi 9\text{mm}$ 円柱の使用
- * 新しいシンチ: 重元素酸化物ナノ粒子添加プラスチックシンチレータ、または、 Cs_2ZnCl_4 など。

より短い不感時間領域: $< 5\text{ ns? } @\text{P/B比} > 4.5$ 桁

より大きな検出効率: $> 40\% @ 67\text{keV}$

より大きな計数率: $> 1 \times 10^7\text{ cps}$