

2018年度運営協議会

光量子測定器開発部門の活動報告

部門全体の活動
プロジェクト毎の進展

原 2019.2.5



宇宙史研究センター

融合研究企画調整室

各研究部門

光子計測器開発部門

センター共有の光子計測機器開発基盤+つくば地区連携大学拠点

筑波大およびつくば研究機関における理工学分野の密接な連携により、計測器開発情報共有、計測器開発の融合共同研究、新しい計測器のアイデアの創出、計測器技術の産業社会応用を推進する。

構成教員: 原和彦(部門長), 江角晋一、武内勇司、金信弘
連携教員: 西堀栄治、冨田成夫、近藤剛弘

超伝導検出器の開発、SOIピクセル検出器の開発、
新型半導体検出器の開発

STJ

ATLAS pixel/strip

J-PARC MRPC

ALICE Si-W

SOI

LGAD

- TIA-ACCELERATEの活動拠点
- つくば地区他機関との連携

連携

エネルギー物質科学研究
センター各部門

TIA-ACCELERATE
光子産業応用イニシアティブ

KEK測定器開発室
産総研 CRAVITY・3D集積システム

Spring-8 Sync. Rad.

Heterodyne STM

STJ mass-spectrom.

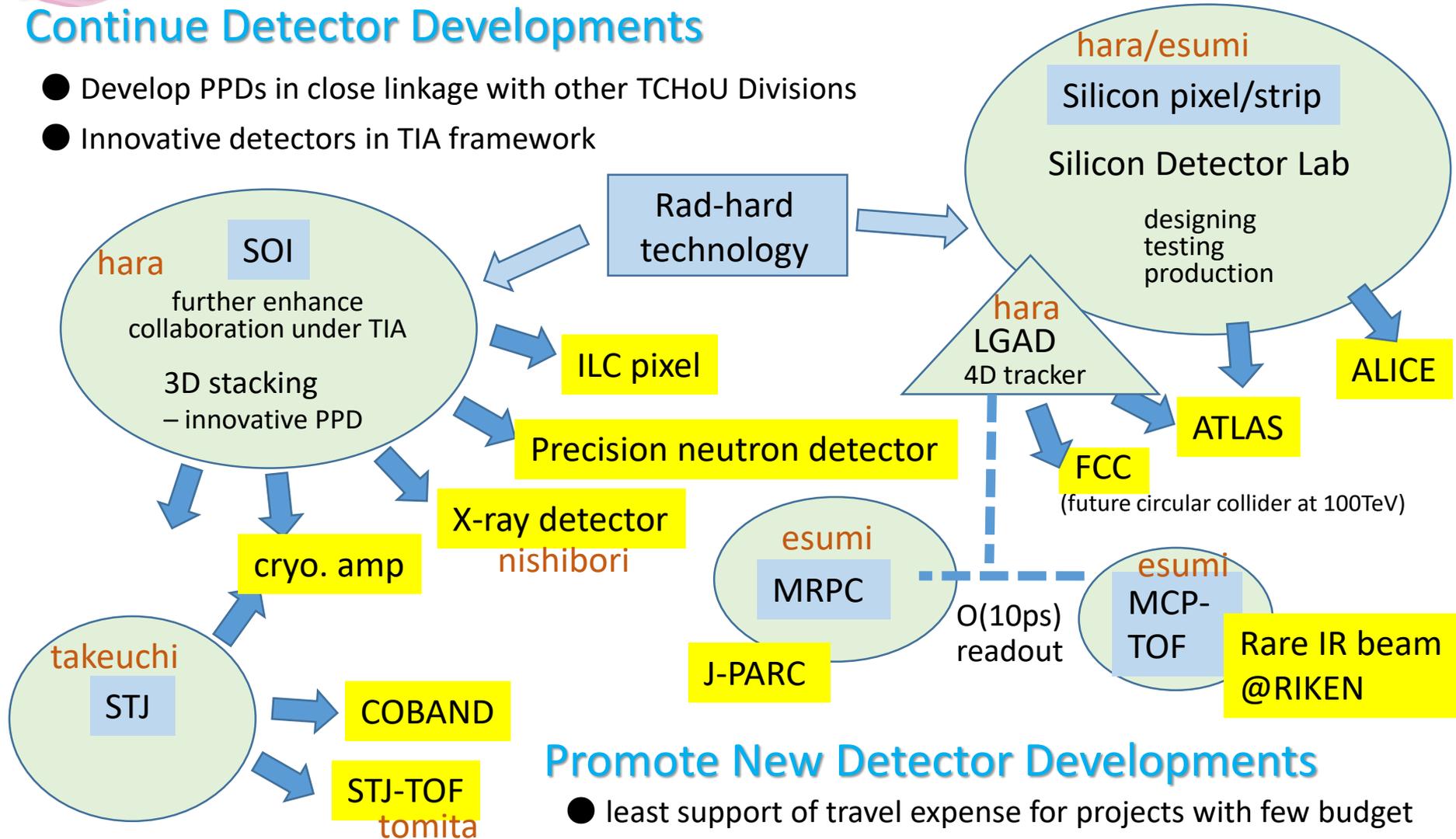
Other activities

Missions to GO

a personal view based on activities of current division members

Continue Detector Developments

- Develop PPDs in close linkage with other TCHoU Divisions
- Innovative detectors in TIA framework



Promote New Detector Developments

- least support of travel expense for projects with few budget
- pursuit realizing a testbeam at KEK AR (~4GeV e)



光量子計測器開発部門

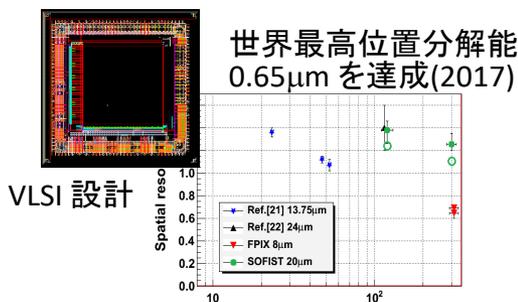
☆先端検出器で各プロジェクトの推進を支え、新しい物理計測を可能にする

進展の著しい先端光・量子検出器は、様々な物理計測限界を超越する可能性があります。光・量子検出器開発部門では、各プロジェクトの推進を支え、さらに「TIA連携等」を通じて新しい検出器技術の開発を推進します。

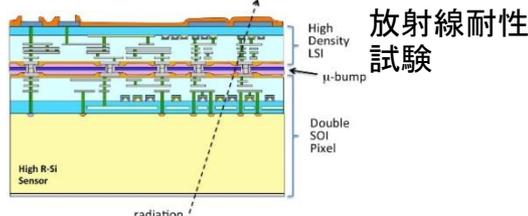
● 朝永センター各部門との密接な連携のもとに 光・量子検出器を開発

ATLAS実験やALICE実験の検出器増強に用いるシリコン半導体検出器、COBAND実験用STJ、その他、朝永センターが推進する様々なプロジェクト用の検出器の開発研究を密接な連携をもって推進します。

● TIA連携で先端検出器の開発



3D積層により機能を一層拡張し、ILC用ピクセルを設計する

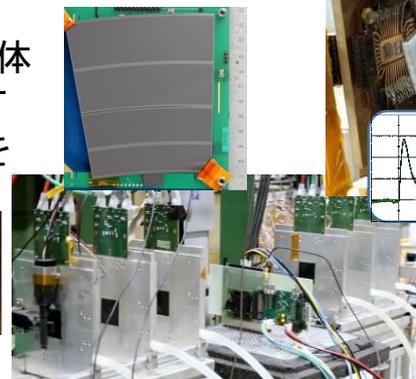


SOI モノリシックピクセル

COBAND

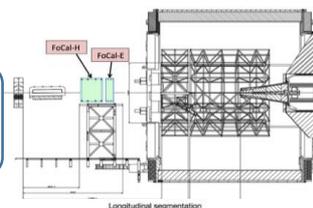
STJ+SOI増幅器試験

ストリップセンサー



ピクセル検出器の試験

HL-LHC ATLAS



Focal検出器

LHC-ALICE

TIA(Tsukuba Innovation Arena)は筑波地区の5研究機関が連携して光量子センシングスクエアを形成し、新しい科学と産業の創成を目指します。

SOIは読み出し回路一体型の先端半導体検出器で、VLSIの設計・製作を通じ、さらに先端の μ バンプ技術を用いた3次元積層で、検出器の機能をさらに飛躍させます。センシングスクエアにはSTJと大型構造イメージングプロジェクトも参加しています。



光量子計測器開発部門の活動から

<http://hep-www.px.tsukuba.ac.jp/TCHoU/LDPPD/>

ニュース

- 2018/11/19 **SOI Pixel研究会**
つくば市EPOCALで開催されました。これは本センター運営協議会委員でもあるKEKの新井康夫教授の退職を記念する研究会で、本部門の原准教授により"Development and operation of pixel detectors at the LHC ATLS experiment"の講演がなされました。
- 2018/10/22-26 **Vertex2018 International Workshop**
India Chennai で開催されました。これは毎年開催される素粒子実験の衝突点近くに設置されるVERTEX検出器に関する国際的な研究会で、本部門からは原准教授による"Development of SOI monolithic pixel detector for fine measurement of space and time SOFIST"の発表がなされました。
- 2018/9/24-25 **第1回「量子線イメージング研究会」**
が京都大学で開催されました。部門からはSOIの開発に関して3件のポスター発表が行われました。企業関係者を含め135名の参加がありました。
- 2018/9/21 **Tsukuba Science Week 2018**
における Evolution of the Universe and Origin of Matter のセッションの部門の企画としてKEKの中村浩二博士に Development of silicon semiconductor tracking devices for the High-Luminosity LHC experiment のタイトルの講演をいただきました。
- 2018/6/29 **2018年度第1回TIA光・量子計測MG会議**
つくばイノベーションプラザで開催されました。
- 2018/6/3 **宇宙史研究センター構成員会議の発表**
宇宙史研究センターの2018年度最初の構成員会議が実施され、光量子測定器開発部門の成果報告がありました。
- 2018/6/1 **TIAかけはしの2018年度研究開発に採択**
TIA-かけはし:「3次元構造半導体量子イメージセンサーの調査研究」が採択されました。これはSOI 技術をベースにして高機能化を目指す調査研究で、倉知 (KEK) をリーダーとして、原 (筑波大)、菊地 (産総研)、池田 (東大) による研究グループです。
- 2018/5/30 **日仏FJPPLの2018年度プロジェクトとしてATLAS planar pixelが採択**
日仏FJPPLの2018年度プロジェクトとしてATLAS planar pixelの開発研究が採択されました。これは日仏協定によるもので、日本 (原/筑波大) とフランス (Lounis/LAL) を共同代表として進められます。



光量子計測器開発部門の活動から

<http://hep-www.px.tsukuba.ac.jp/TCHoU/LDPPD/>

- 2019/3/8 **第4回TIA光量子計測シンポジウム**が、2019年3月8日に開催されます。
【ホームページ】 [link](#) 【日時】 March 8 (Fri), 2019, 13:00-18:00 【場所】 EPOCAL
- 2019/2/4-5 **宇宙史研究センター研究会**が、2019年2月4日、5日に開催されます。
【研究会ホームページ】 [link](#)
光量子の合同セッションを5日の午前中に以下のように行います。 【日時】 February 5 (Tue), 2019, 9:30-11:35 【場所】 総合研究棟B棟1階110 【プログラム】 [Plenary Session](#)
- 2019/1/28 「**第3回3次元積層半導体量子イメージセンサー研究会**」
TIA連携プログラム探索推進事業「かけはし」で推進している第3回3次元積層半導体量子イメージセンサー研究会が1/28 EPOCAL で開催されました。
[Workshop url \(登録はこちらから\)](#)
[poster](#)
- 2018/12/8 「**Workshop for development and applications of fast-timing semiconductor devices**」
が日米科学技術協力および宇宙史研究センターの後援により筑波大学東京キャンパスで開催されました。海外からの4名を含む17名の参加者により高速半導体LGAD検出器の高エネルギー実験やPETへの応用を議論しました。
[会議要約ページ](#)
- 2018/11/20~2019/1/8(水曜1630-1600) 「**宇宙史セミナー2018**」
大学院授業宇宙史セミナーI,IIをかねて光量子計測器開発の情報交換を行います (世話人 原)
[poster](#)

大学院授業： 宇宙史コースに所属する 修士学生による研究発表

ATLAS 3件(2pixel,1strip)

LGAD 1件

SOI 4件

<RHIC QGP解析 3件>

<宇宙観測 4件>

MKID 2件 分光計1件

STJ-SOI 1件

ALICE Focal 2件

JPARC MRPC 1件

今年度の宇宙史セミナーを以下の予定で開催します。

@ 自然科学系棟D413
16:30~18:00

11月20日	内山 和貴	ATLAS検出器増強に向けた新型ASIC搭載ピクセルセンサーモジュールのノイズ評価
	原田 大豪	ATLAS検出器増強に向けたピクセル検出器の検出効率の測定
	大崎 匡至	HL-LHCに向けた初期量産型ATLASストリップセンサーの放射線耐性の評価
	和田 牙	Low Gain Avalanche Detectorに関する研究
12月4日	安部 竜平	高精細ピクセル検出器の研究
	岩波 四季恵	SOI技術を用いたピクセル半導体検出器の研究開発
	村山 仁志	Study of basic characteristics of SOFIST sensors
	渡辺 圭敏	Study of basic characteristics of SOFIST sensors
	山内大輝	SOIピクセル検出器INTPIX4の大面积飛跡検出器としての性能評価
12月11日	中川 和也	RHIC-STAR実験d+Au 200GeVにおけるハドロン相関の粒子多重度依存性
	中川 果南	RHIC-STAR実験における粒子データの粒子数および温度揺らぎのunfoldingによる解析
	星 有輝子	RHIC-STAR実験におけるflowの解析
12月18日	小野 雄太	火星テラヘルツ探査機の熱構造解析
	小松崎 龍聖	近傍銀河における分子ガスの物理状態
	大塚 宏樹	分子ガスの観測による天の川銀河の構造解析
	渡邊 祐也	銀河系シミュレーションと観測データの比較
12月25日	鈴木 隆司	野辺山45m電波望遠鏡搭載用MKIDカメラの性能評価
	樋川 遼太郎	野辺山電波望遠鏡用MKID電波カメラの光学評価
	YANG Zi	南極望遠鏡に乘せるROACHという分光計の開発
	笠島誠麻	COBND実験のための極低温増幅器の開発
1月8日	齋山 みな	LHC-ALICE実験アップグレード計画の為のFoCal検出器の性能評価
	田所 賢一	LHC-ALICE実験アップグレード計画の為のFoCal検出器の性能評価
	高村 匡広	A new design of MRPC detector by placing a ground layer and pad shape modification

急な予定変更の場合はご了解ください

宇宙史研究の最先端を、修士学生の研究発表を通じて紹介し、研究指導する教員を交えた検討会を実施します。



Tomonaga Center for the History of the Universe Workshop Feb 4-5, 2019

Division for Development of Photon and Particle Detectors

光量子計測器開発部門

Plenary Session (9:30-11:35, Feb 5, 2019 @B110 Lab for Adv Research B1101)

20 min each including discussion

- | | | |
|-------------|---|-------------|
| 9:30- 9:50 | Development of Silicon-on-Insulator Monolithic Pixel Detector (Hiroki Yamauchi) | SOI |
| 9:50-10:10 | Low-Gain Avalanche Detector for 4D Tracking (Sayaka Wada) | LGAD |
| 10:10-10:30 | 100-GHz band continuum observations using the MKID camera for the Nobeyama 45-m telescope (Yosuke Murayama) | MKID |
| 10:30-10:50 | R&D of FIR quantum photo-sensors based on STJs for COBAND (Yuji Takeuchi) | STJ |
| 10:50-11:10 | ALICE Focal Project (Norbert Novitzky) | Focal |
| 11:10-11:30 | ATLAS Pixel Detector for the HL-LHC (Kazuki Uchiyama) | ATLAS pixel |
| 11:30-11:35 | ATLAS Strip Detector for the HL-LHC (Kazuhiko Hara) | ATLAS strip |

研究会の開催(主催、共催) ⇒センターHPへ

TIA「かけはし」による3次元積層半導体イメージセンサー

TIA連携プログラム探索推進事業「かけはし」で推進している第3回3次元積層半導体量子イメージセンサー研究会が1/28 EPOCHAL で開催されます。




第3回 3次元積層半導体量子イメージセンサー研究会

2019. 1. 28 (月) 13:30-17:30

会場: つくば国際会議場 (大会議室102室)

参加費: 無料

招待講演: 近藤昭彦 3次元集積技術

特別講演: 野村ハルシレーザーによる分子顕微鏡イメージング

量子線センサー3D化のためのμg Bump技術

シリコンとCdTeの異種半導体一体型3次元積層型ピクセル検出器

一般発表: 野村 日守(筑波); 脇田 英樹(筑波); 山田 義典(筑波)

主催: TIA

【日時】2019年1月28日(月) 13:30-17:30
 【場所】つくば国際会議場 EPOCHAL 大会議室102
 【ホームページ】http://rd.kek.jp/project/soi/TIA19/1901_TIA3D.html
 【参加登録】

事前登録: 2019年1月25日(日) 15:00まで
 当日参加登録も可。
 参加費: 無料

今後の科学・医療・産業分野イメージセンサーでは、異種材料規模集積、高速画像取得、素子を3次元集積する技術「かけはし」事業に採択された「3次元究」活動の一環として、最新の技術を持ち寄り今後の

プログラムは、ホームページを参照。

世話人: 原 和彦

2018/12/08 Workshop for development and applications of fast-timing semiconductor devices

光量子計測器開発部門と日米科学技術協力の主催により、標記ワークショップを筑波大学で東京キャンパスで開催しました。

30psの時間分解能をもつ半導体検出器LGADが実現されました。このような検出器を今後どのように開発し、応用できるかのワークショップです。会議にはToF-PETとしての応用例のトークやATLAS関係者のトークも行われました。

【日時】2018年12月08日(土)
 【場所】筑波大学東京キャンパス(大塚)
 【参加登録用URL】[registration](#)
 【プログラム】

- * Welcome and Introduction
- * Performance Evaluation of HPK Segmented LGAD
- * Timing results of HPK LGAD PD
- * Development of inverse-LGAD for PID application in ILC
- * TCAD simulation of LGAD
- * ATLAS application of LGAD for HL-LHC
- * 3D fast timing sensors and related electronics
- * Tracking at FCC
- * Development of fast, monolithic silicon pixel sensors in a SiGe Bi-CMOS process for TOF-PET
- * Radiation detectors for positron emission tomography
- * Summary and Prospects

【会議要約】[summary](#)
 【参加者数】18名(海外より4名)

LGAD workshop



Workshop for development and applications of fast-timing semiconductor devices

8th Dec 2018
 @ University of Tsukuba,
 Tokyo Campus (Otsuka) Room 117/119

Registration: <https://indico.cern.ch/e/LGADatUtsukuba>
 Send e-mail to lgad@rd.kek.jp for presentation

Since the seminar was essential cooperation in development of fast-timing semiconductor devices (F.T.S.D.), we are for a number of fast-timing semiconductor device development and application in various fields such as LHC, HL-LHC, etc. It is a workshop for development and application of fast-timing semiconductor devices in various fields such as LHC, HL-LHC, etc. It is a workshop for development and application of fast-timing semiconductor devices in various fields such as LHC, HL-LHC, etc.

Organizing members: Keisuke Mori, TIA, Tsukuba; Nobuhiko Uehara, KEK; Masahiro Hagiwara, KEK; Masahiro Hagiwara, KEK.

Supported by: Tomonaga Center for the History of the Universe, KEK, Tsukuba; US-Japan Technology Cooperation Program.

TIA光量子計測シンポジウム

- 2019/3/8 第4回TIA光量子計測シンポジウムが、2019年3月8日に開催されます。

【ホームページ】[link](#) 【日時】 March 8 (Fri), 2019, 13:00-18:00 【場所】 EPOCHAL

プロジェクト報告

- **SOI**検出器開発
- **LGAD**検出器開発
- **COBAND STJ-SOI**検出器開発
- **STAR upgrade**
- **ALICE Focal**検出器開発
- **HL-LHC ATLAS**
 - ストリップ型検出器開発
 - ピクセル型検出器開発
- 近藤 「光周波数コムと走査トンネル顕微鏡を用いた新しい原子分解能精密分光法を開発」
- 西堀 「新型**CdTe**検出器の評価」

SOI: Silicon-on-insulator

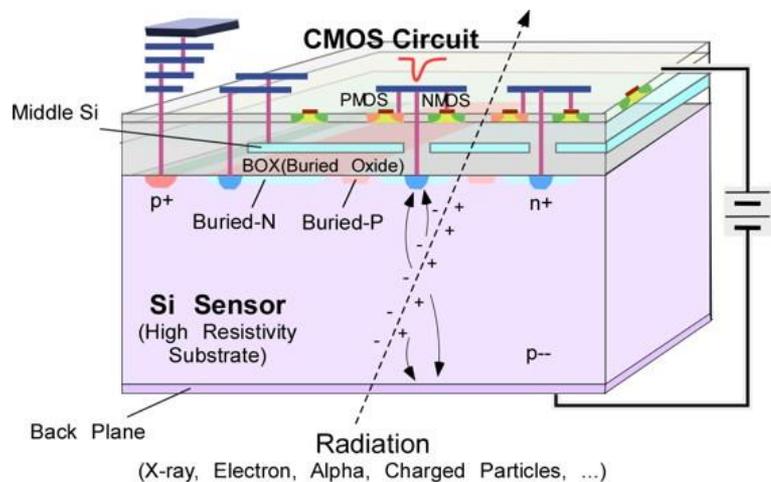
読出し回路一体型ピクセル検出器

関連研究会:

2018/9/24-25 第1回「量子線イメージング研究会」@京都大学

2018/11/19 SOI Pixel研究会 @EPOCAL

2019/1/28 「第3回3次元積層半導体量子イメージセンサー研究会」@EPOCAL



- 放射線耐性の向上
- 微細ピクセル検出器(FPIX)
- ILC用検出器(SOFIST)
 - 検出器評価(bench, beam tests)
 - ビーム試験用大面積tracker

FNALでのビーム試験

2018 Feb/Mar (SOFIST2, INTPIX4)

2019 Feb/Mar (SOFIST3, INTPIX7)

K. Hara et al., Development of Silicon-on-Insulator Monolithic Pixel Devices

S. Ono et al, A Monolithic Pixel Sensor with Fine Space-Time Resolution Based on Silicon-on-Insulator Technology for the ILC Vertex Detector

D. Sekigawa et al., Fine-Pixel Detector FPIX Realizing Sub-micron Spatial Resolution Developed Based on FD-SOI Technology

K. Hara et al., Radiation hardness of silicon-on-insulator pixel devices

I. Kurachi et al., Investigation of radiation hardness improvement by applying back-gate bias for FD-SOI MOSFETs

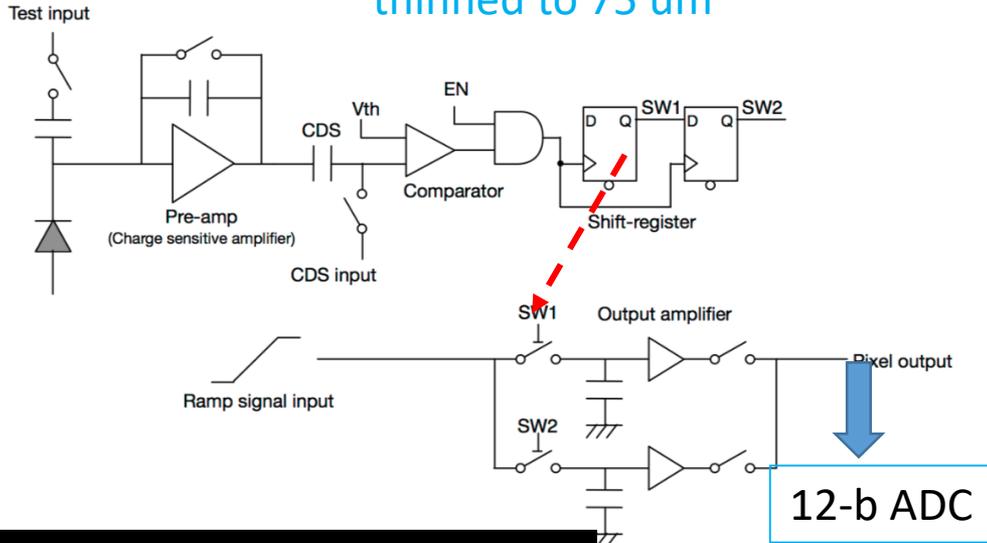
T. Tsuboyama et al, R&D status of SOI-based pixel detector with 3D stacking readout

S. Ono et al., Development of a monolithic pixel sensor based on SOI technology for the ILC vertex detector

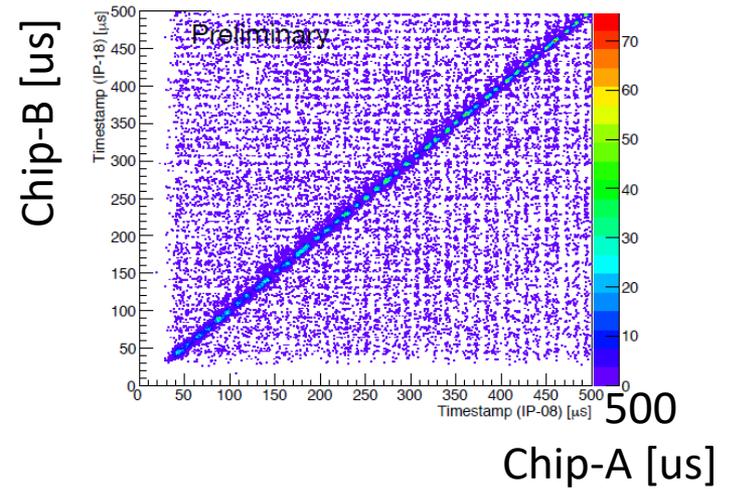
M. Yamada et al, Development of monolithic pixel detector with SOI technology for the ILC vertex detector

SOFIST: SOI Fine measurement of Space and Time

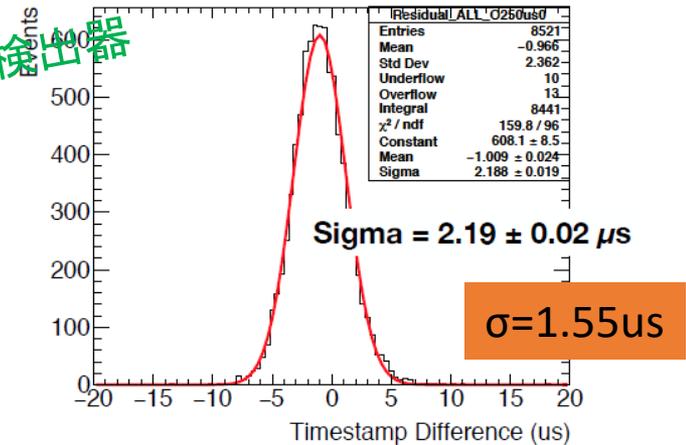
SOFISTv2 for timing study
thinned to 75 μm



Timestamp correlation

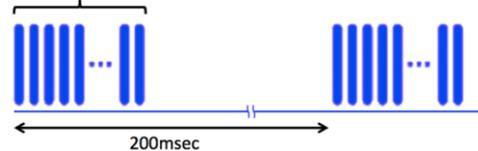


タイムスタンプの分解能
SOFIST ver.2 #1 and #2



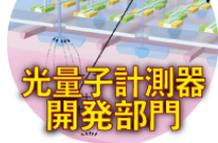
時間情報ももつピクセル検出器

~1300 beam bunches (every 554nsec)



ILC beam structure

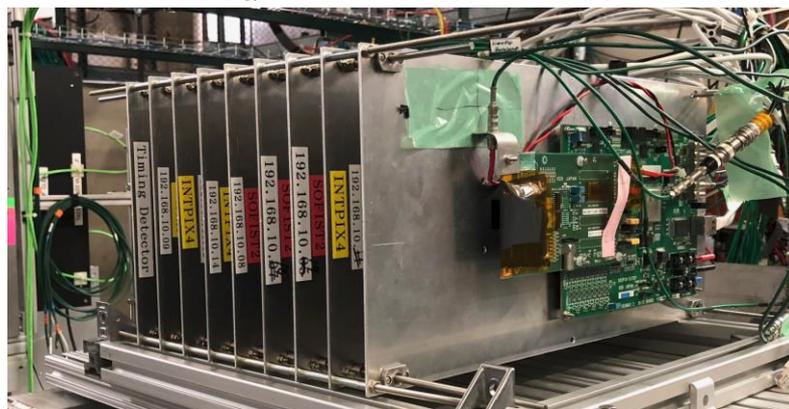
Intrinsic resolution: $2.19/\sqrt{2} \sim 1.55 \mu\text{s}$



SOI Testbeam@FNAL (2018 Feb/Mar)

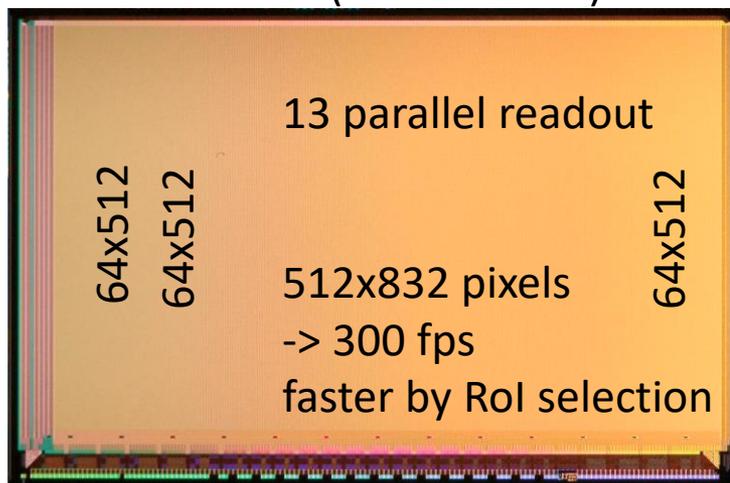
SOFISTのビーム試験

大面積 INTPIX4 を4台用いてビーム飛跡再構成

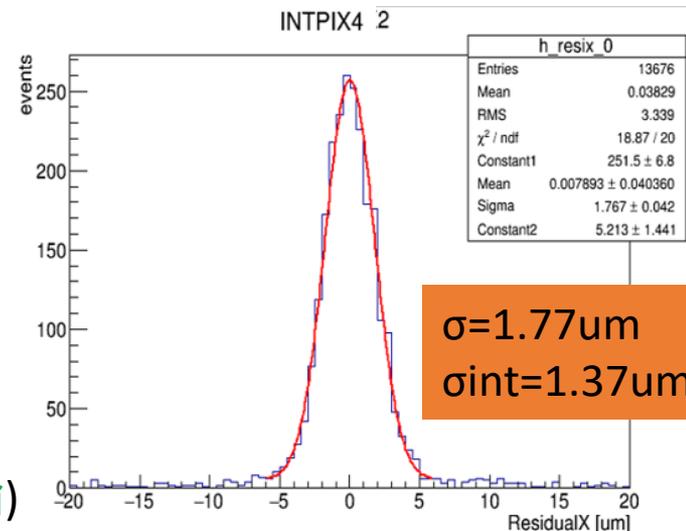


Pixel size : 17x17 μ m

Sensitive area (8.7x14.1mm)

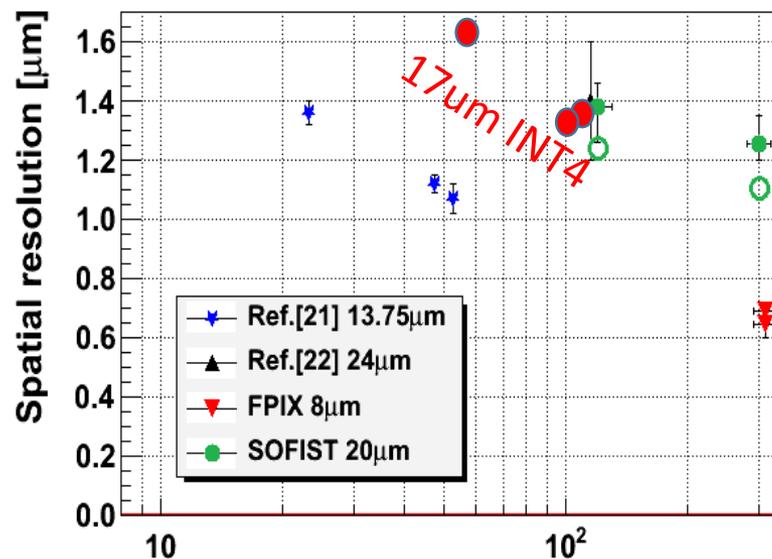


このようなシステムは他には欧州のEUDETのみ
(Mimosa 18.4 μ m pitch, 576x1152 pix)



(山内, 修論)

2枚目センサーヒット位置の飛跡からの残差



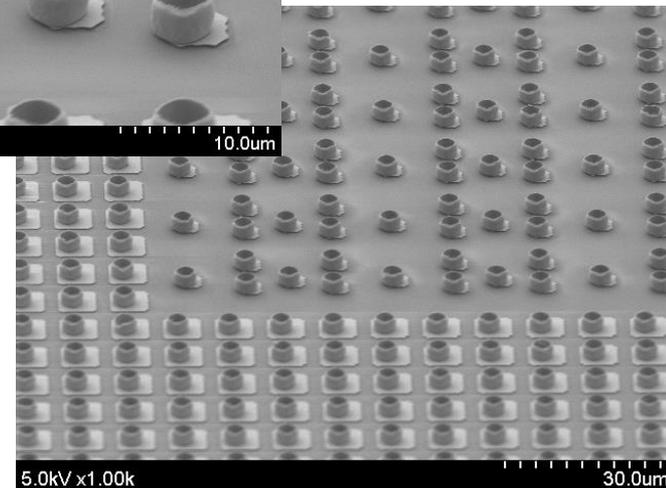
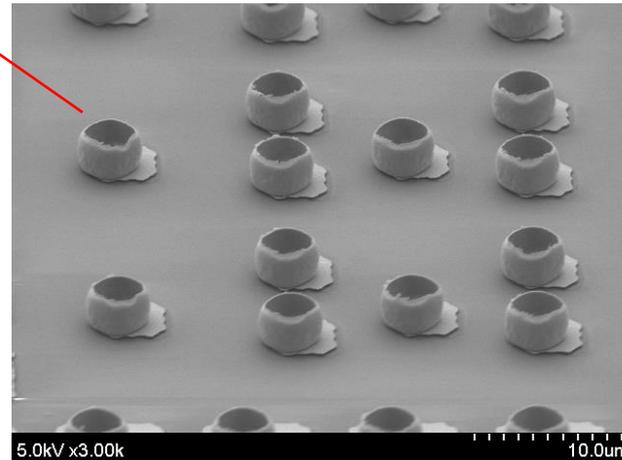
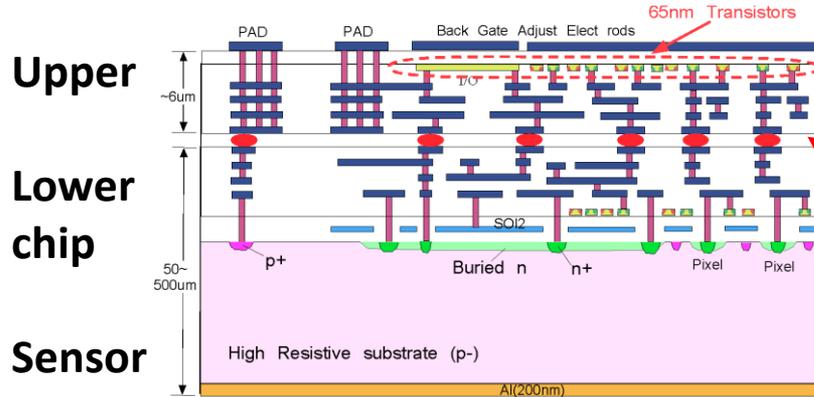
SOFIST4 3D stacking

SOI ピクセル検出器の三次元積層技術

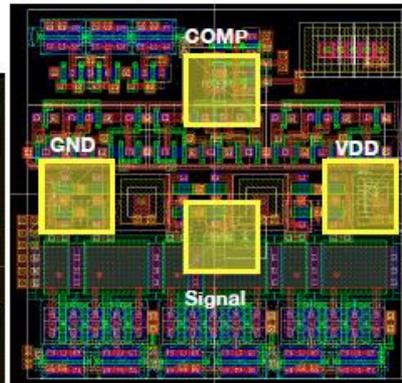
→二枚のチップを Au シリンダーバンプ(3 $\mu\text{m}\phi$)にて接合し
ピクセル内の信号処理回路を三次元的に拡張する。

東北マイクロテック

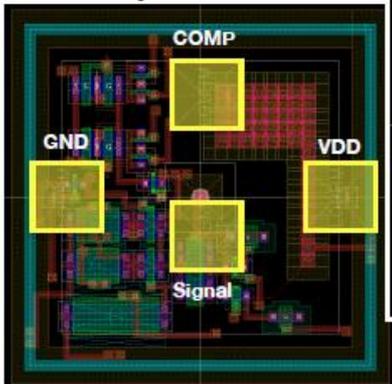
Pixel size: 20 x 20 μm
Under bump metal: 4 x 4 μm
Cylinder bump: 3 $\mu\text{m}\phi$



Upper pixel



Lower pixel



同じ3D積層技術で、SOIを用いた異種材料接合(eg. CdTe+Si)、多層積層が可能となり、
従来にない高機能化センサーの実現をめざす ⇒ TIAかけはし「3D積層」の課題

LGAD: Low-gain avalanche detector

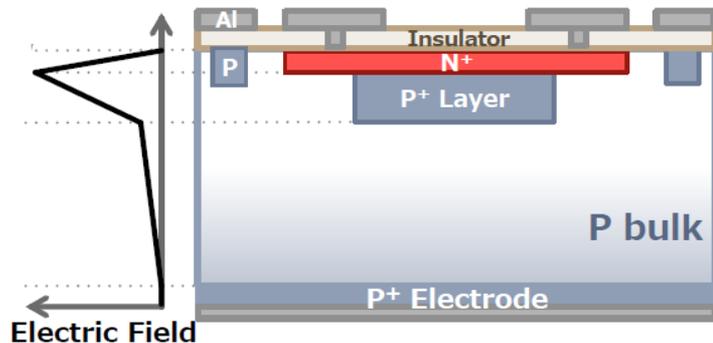
内部増幅機能付き半導体検出器

筑波大・KEK

関連研究会:

2018/12/8 「Workshop for development and applications of fast-timing semiconductor devices」 @筑波大東京キャンパス

日米科学技術協力：KEK(中村)-FNAL(A. Apresyan)



内部増幅により

- ✓ 放射線損傷による収集信号量を回復
- ✓ 高時間分解能半導体センサー

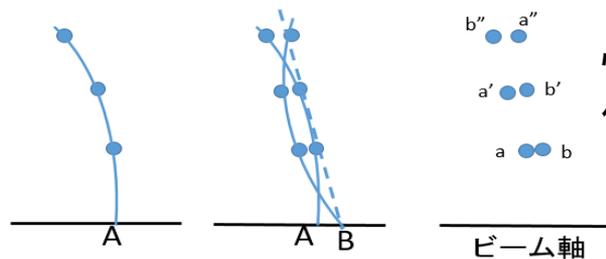
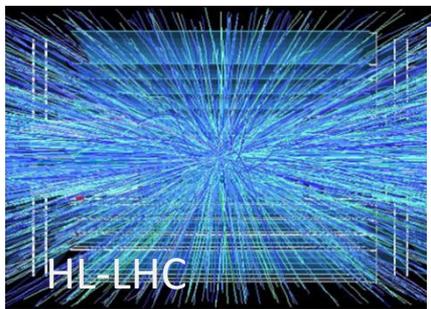
高輝度ハドロン衝突

= 多くの飛跡が生成される

←ピクセルの細密化で対処(~HL-LHC)

情報でのみの飛跡再構成は限界

位置時間情報があれば飛跡再構成法に革新



LGADは高時間、高位置分解能を実現できる<4D検出器>

Workshop for development and applications of fast-timing semiconductor devices

海外から4名の
参加者



PETへの応用研究(ToF-PET)
放医研 山谷氏

Principal of FDG-PET imaging

1. C6H12O6 (Glucose) → C6H12O6^{18F} (FDG)

2. ^{18}F (Positron emitter) → ^{18}F (Cancer) → ^{18}F (Injection)

3. $^{18}\text{F} \rightarrow ^{18}\text{O} + e^+ + \nu$

Typical count rate $\sim 10^6$ count/sec.

185MBq - 370MBq

Positron emitter

Positron Electron

Coincidence detection

NIRS QST

高分解能時間読出し
INFN Lai氏

Workshop for the development and applications of fast-timing semiconductor devices
University of Tsukuba, Tokyo Campus (Dtsuka), December 5, 2018

3D fast timing and related electronics
Adriano Lai, INFN Sezione di Cagliari - Italy

INFN TimeSPeT

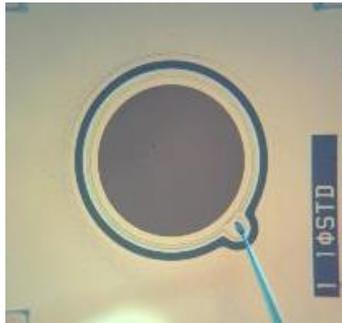
その他に
Geneva大病院へのToF-PET
HL-LHC ATLAS HGTD
FCC,....

Low-gain avalanche detector LGAD

FNAL Testbeamを用いた時間分解能評価

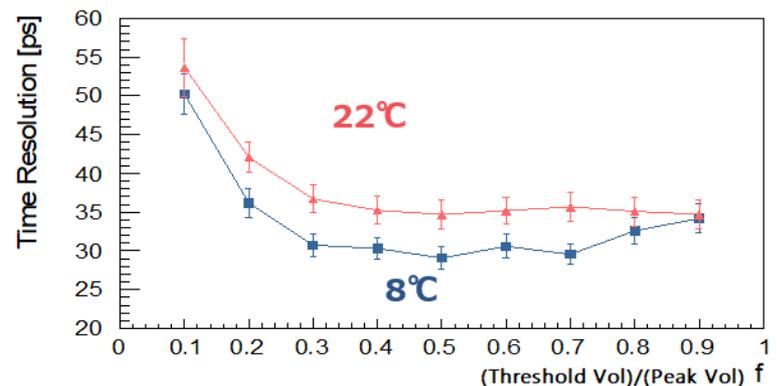
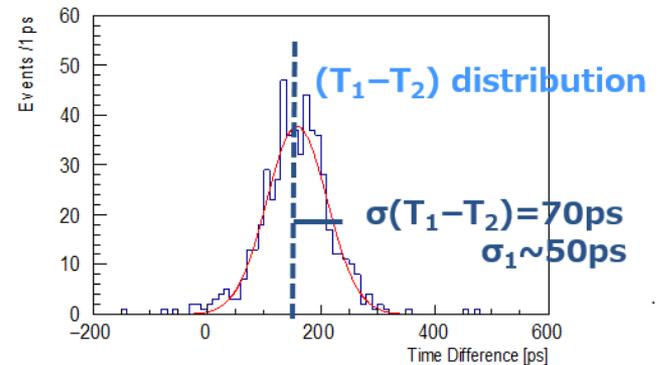
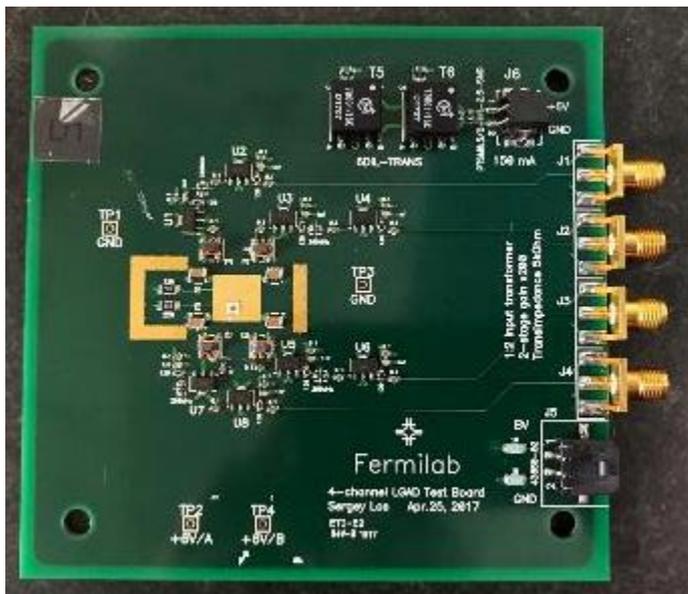
3個のDiodeを並べ、時間差分布から個別の分解能を評価

Monitor Diode



DRS4 VME

アンプボード



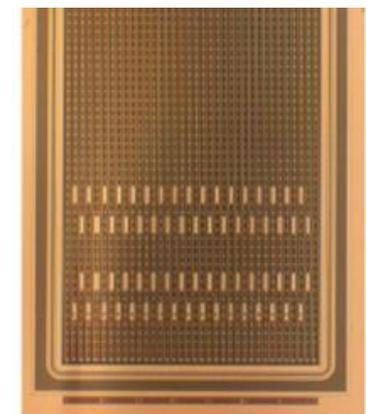
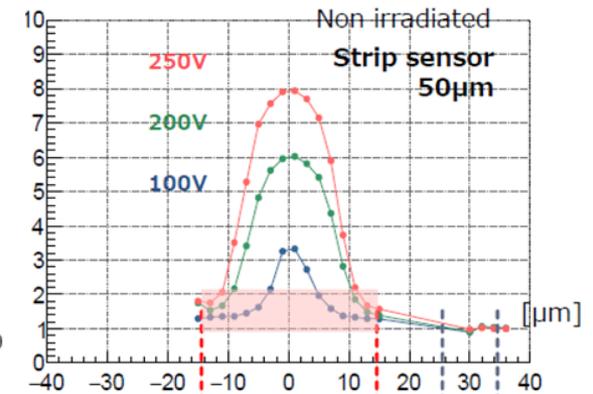
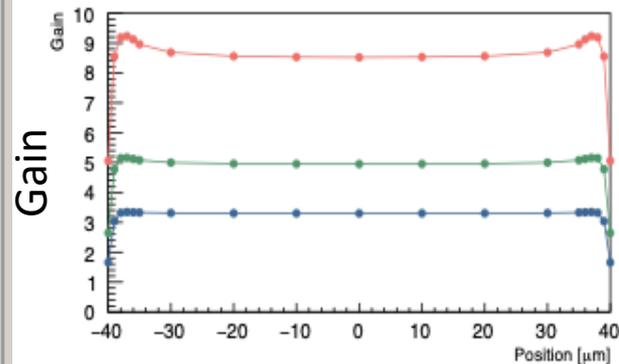
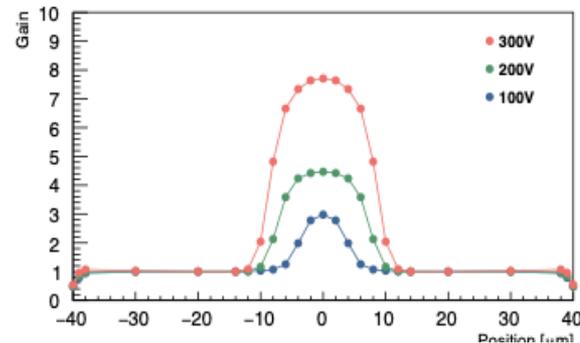
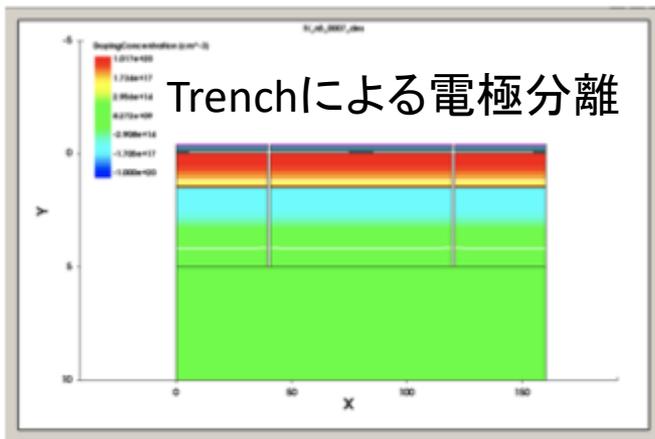
30psを切る時間分解能を達成 (和田, 修論)
 ⇒データ(5GHz)から時間測定法の最適化
 ⇒細分化読出し用アンプ

Low-gain avalanche detector LGAD

TCADによるGain一様性に優れた
電極構造の最適化(和田 修論)

TCADパラメータを測定結果に合う
ように調整

Trenchによる電極分離を評価



- 2/20~からのFNALでのテストビームで電極細分化されたセンサー評価(UCSCからのサンプルを含む)
- 日米科学協力2019に申請中

宇宙背景ニュートリノ崩壊光探索(COBAND)に向けた 遠赤外一光子検出のための超伝導検出器の開発

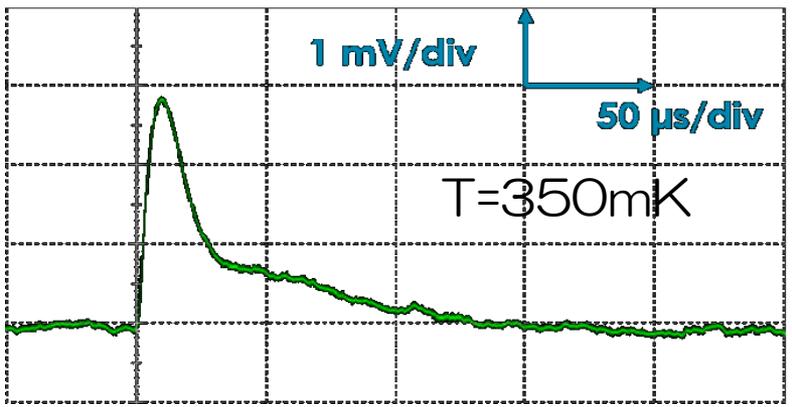
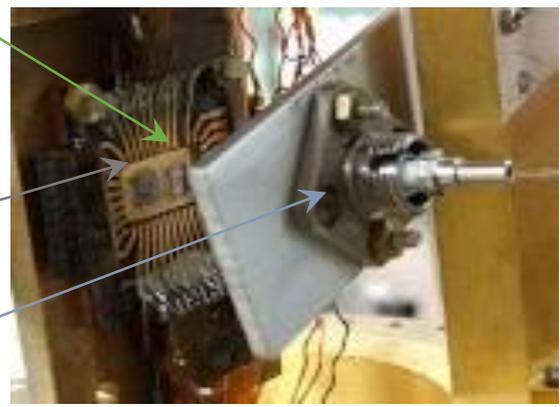
Nb/Al-STJ のSOI極低温増幅回路読出

2018年度のハイライト:低入力インピーダンス電荷積分型SOI増幅器の超伝導トンネル接合素子(STJ)光応答信号増幅の実証テスト

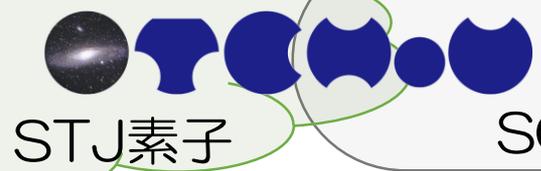
STJチップ

SOIチップ

光ファイバ



産総研CRAVITY製20 μ m角Nb/Al-STJと共にSOI増幅器を冷凍機内に設置し300mK程度まで冷却後, STJに可視光(465nm)レーザーパルス照射し, STJからのパルス応答信号を極低温環境下の電荷積分型SOI回路によって増幅することに成功. SOI増幅器への入力電荷は9fc相当.



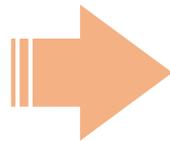
超伝導体(STJ)と
半導体(SOI)の融合

宇宙背景ニュートリノ崩壊光探索(COBAND)に向けた 遠赤外一光子検出のための超伝導体検出器の開発

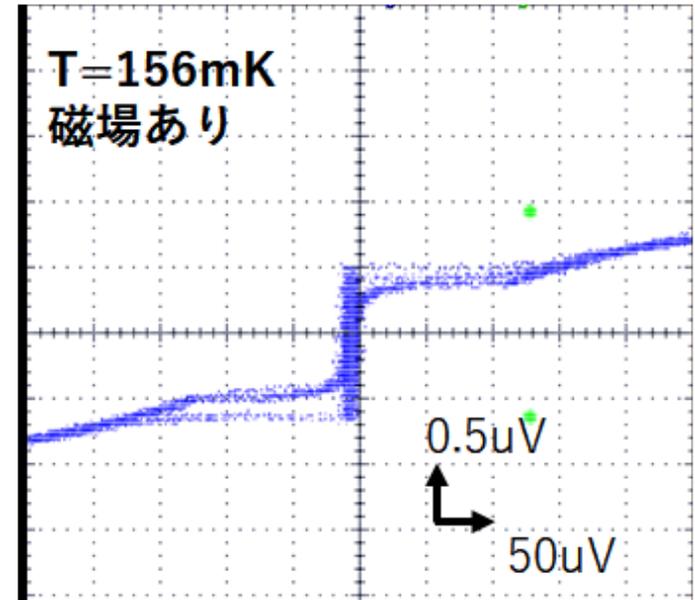
ハフニウムを用いたSTJ光検出器の開発

2018年度の主な成果: 読出し配線付き10 μ m角のHf-STJの作製に成功しリーク電流0.3 μ Aまで減らすことに成功。(これまでは, 200 μ m角でリーク電流7 μ Aが我々のグループでの記録). 素子の製作は, KEK先端計測器開発棟クリーンルームプロセス装置群を使用.

今後の予定: 韓国 IBS CUP で, より低温での測定(150mK \rightarrow 50mK), およびX線源を用いた光検出器としての動作評価



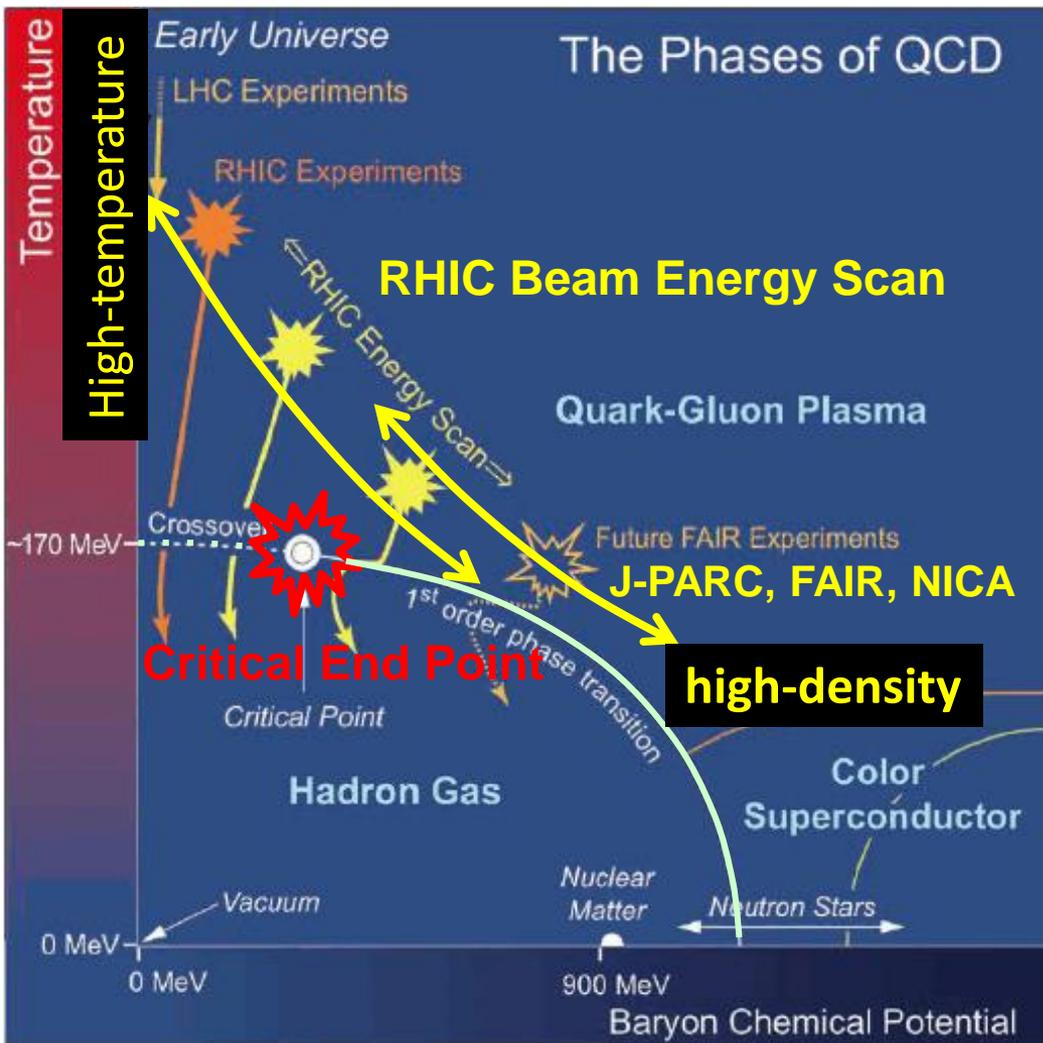
ibs Institute for
Basic Science



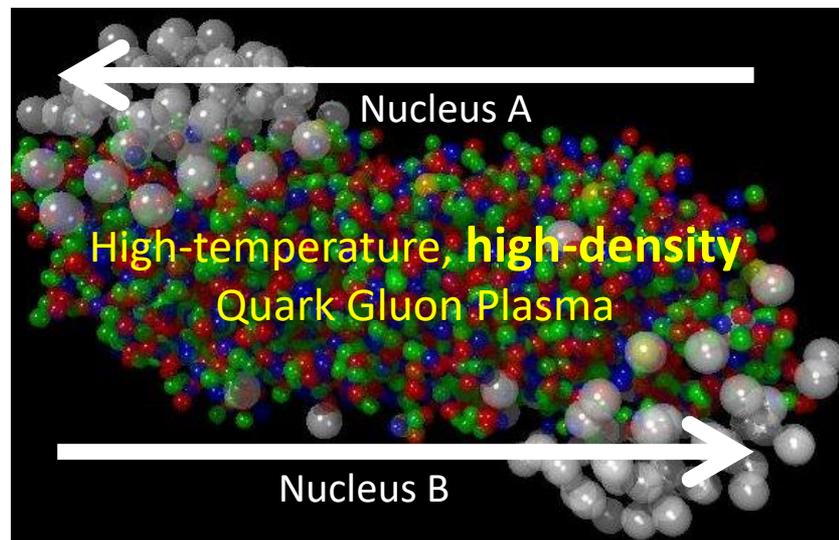
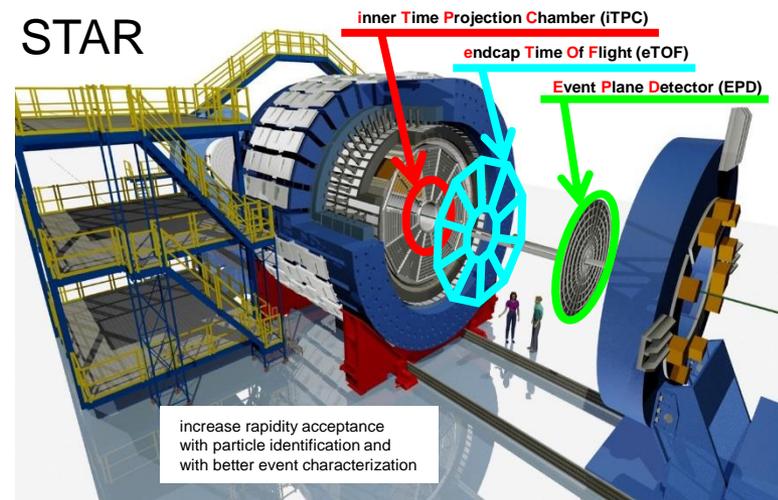
- S. H. Kim et al., "Development of Superconducting Tunnel Junction Photon Detectors with Cryogenic Preamplifier for COBAND experiment", Proc. of Int. Conf. on Technology and Instrumentation in Particle Physics (TIPP2017), SPPHY 213, 242 - 248 (2018)
- K.Takemasa et al., "Development of Superconducting Tunnel Junction Detector Using Hafnium for COBAND Experiment", Proc. of Int'l Conf. on Technology and Instrumentation in Particle Physics (TIPP2017), SPPHY 213, 254 - 258 (2018)
- S.H. Kim et al., "宇宙背景ニュートリノ崩壊探索COBAND実験", 観測ロケットシンポジウム2018 講演集 SA6000127012, IV-2 (2018)

Beam Energy Scan Program Phase-II towards high-density

(2019~2021)

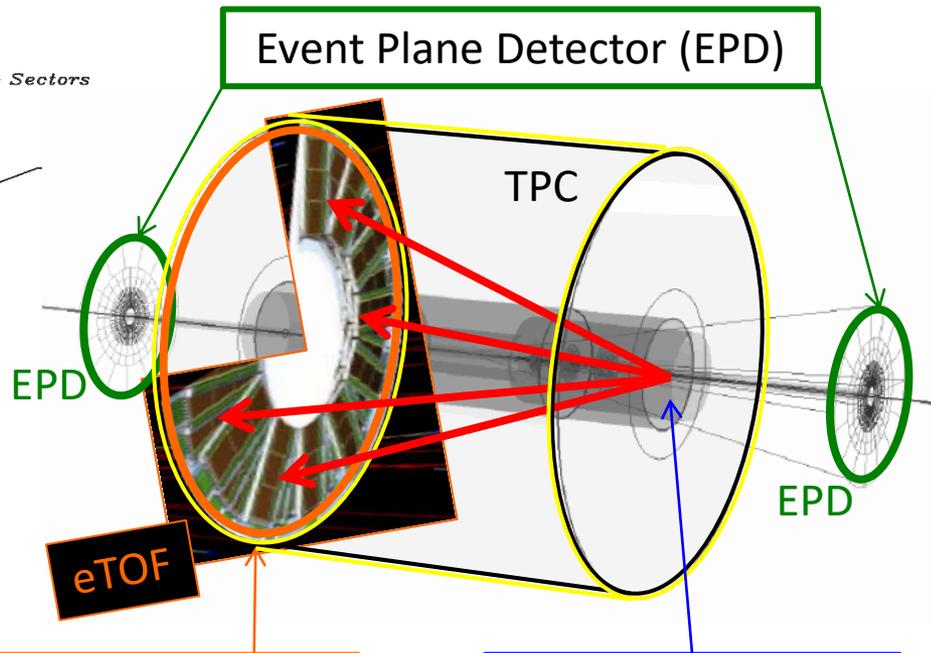
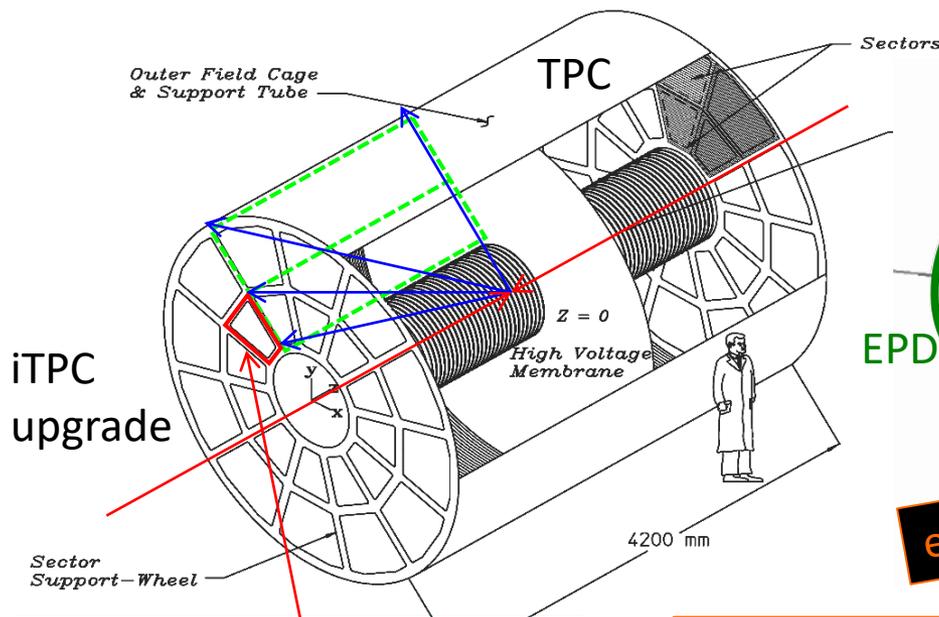
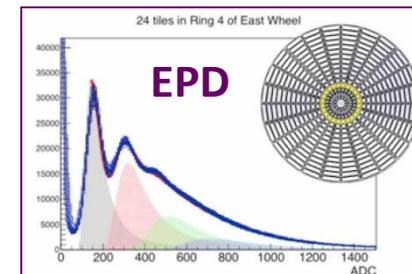
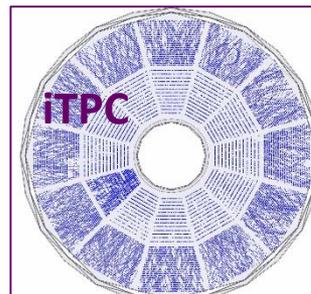
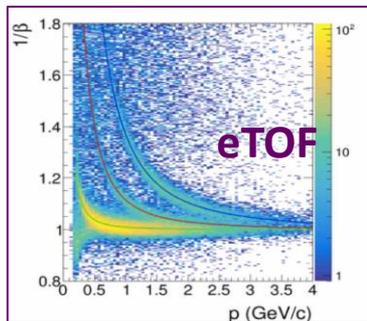


STAR



RUN17	500 GeV p+p
	54 GeV Au+Au
RUN18	200 GeV Zr+Zr, Ru+Ru
	27 GeV Au+Au
	Fixed-target test run
RUN19	14.5 - 20 GeV Au+Au
RUN20	7 - 11 GeV Au+Au
RUN21	Fixed-target runs

STAR detector upgrade for BES-II



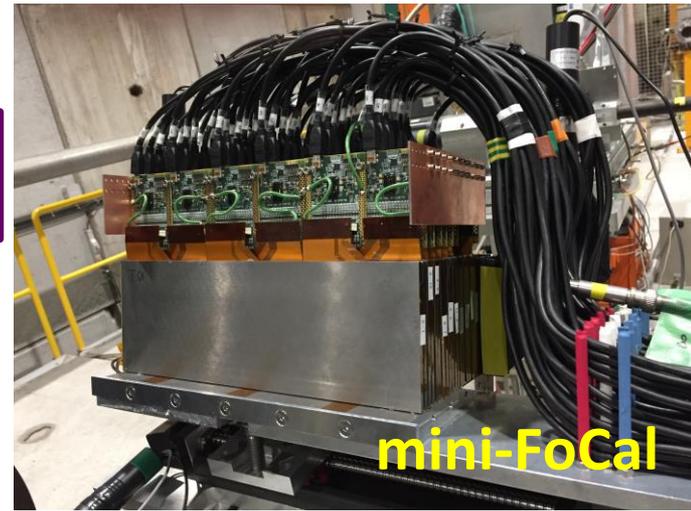
TPC inner sector readout
with more segmentation

Endcap Time-of-Flight
(eTOF) from FAIR-CBM

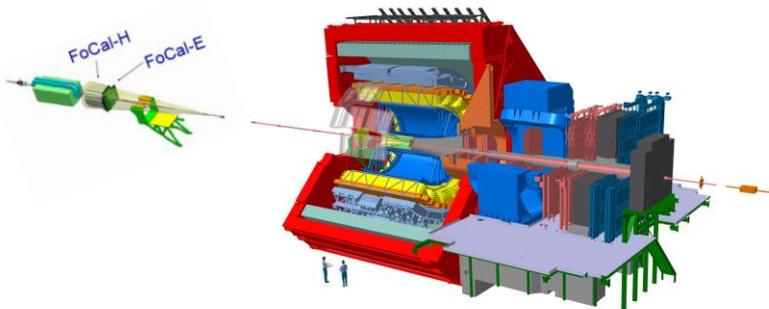
Fixed-target mode

ALICE Forward Calorimeter

- LHC 超前方領域で、未開のQGP誕生の起源に迫る
- Si + W サンプリング型電磁カロリメータ
 - PAD ($1 \times 1 \text{cm}^2$) と MAPS ($30 \times 30 \mu\text{m}^2$) シリコンセンサを備えたハイブリッド検出器。2023年、実機 ALICE 導入を計画中。
- 2018年、筑波大を中心とする FoCal 日本グループにより、新規試作機 (PAD, mini-FoCal) を設計・製作 (20 X₀, 3 tower 構造)。
 - CERN PS/SPS 加速器によるテスト実験を経て、10月、ALICE 実験に初導入。pp 13 TeV 衝突事象データ取得に成功
 - 国内：筑波大、筑波技術大、広島大、奈良女子大、理研
 - 海外：ユトレヒト大学, Nikhef (オランダ), RD51 (CERN)
- 2019年3月7-9日、筑波大CCSにてForward物理に関する国際ワークショップと、FoCal コラボレーション会合、同時開催
- Norbert さんによる、光量子ジョイントセッションでの発表



SPS テストビーム実験 (2018.8)



ALICE



Utrecht U. & U. TSUKUBA

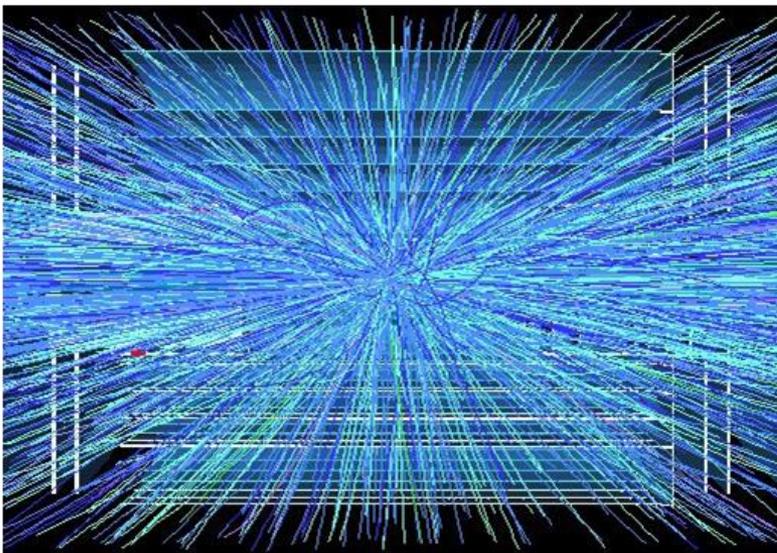


HL-LHC ATLAS ITk

LHC ⇒ HL-LHC(2026)

Luminosity : 300 ⇒ 3000 /fb

放射線量 10倍
粒子密度 (~5倍)



事象数/ビーム交差=200のシミュレーション

内部飛跡検出器 ⇒ All silicon (ITk)

Strip detector (12cm ⇒ 4.8/2.4cm)

Pixel detector (50x250 ⇒ 50x50um)

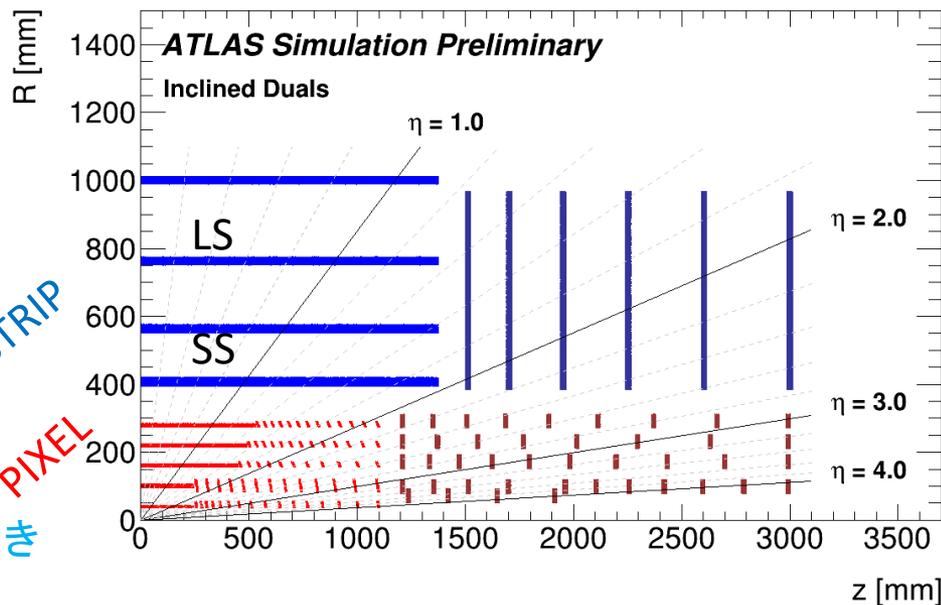
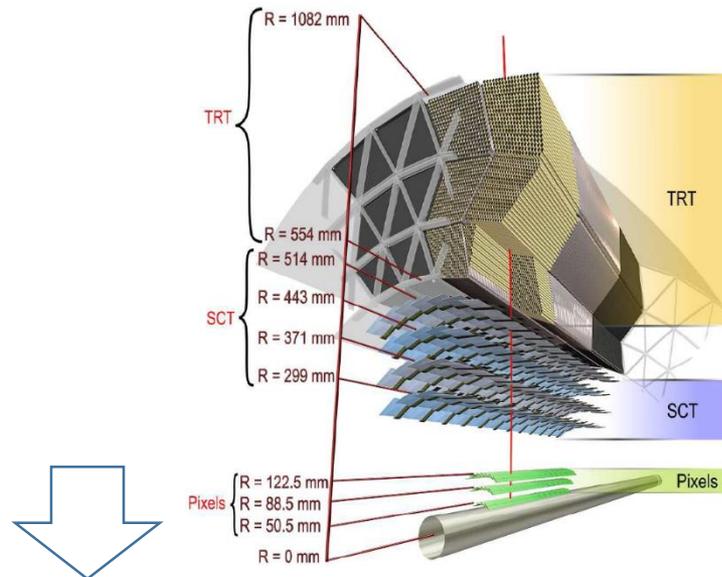
1st pixel: 3D

2nd -5th : planar

センサー設計

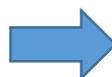
3rd-5thに設置できるバイアス構造つき
p型ピクセルモジュールを設計

現ATLAS

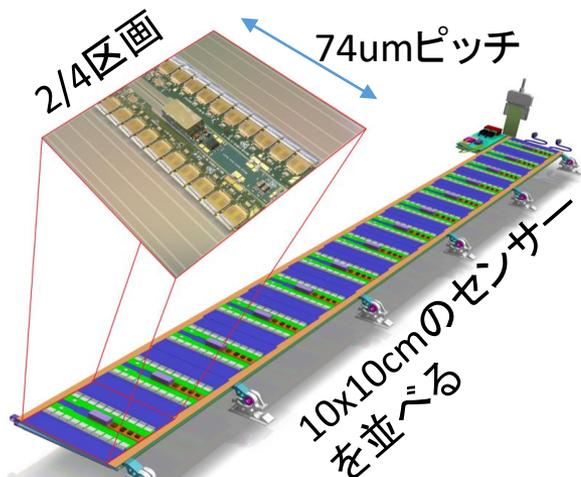


HL-LHC Strip Sensor

- Siは放射線を受けるとp型不純物を多く生成⇒p型は損傷後も同設計で稼働
- 高速な電子を収集する⇒損傷による捕獲が減少



ATLASで全面的に採用

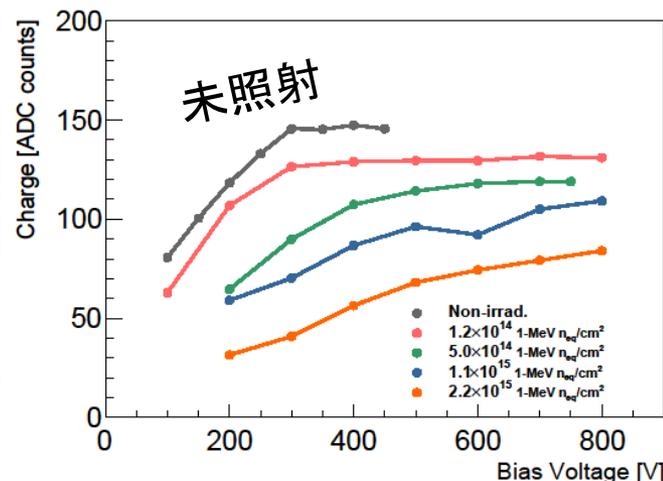
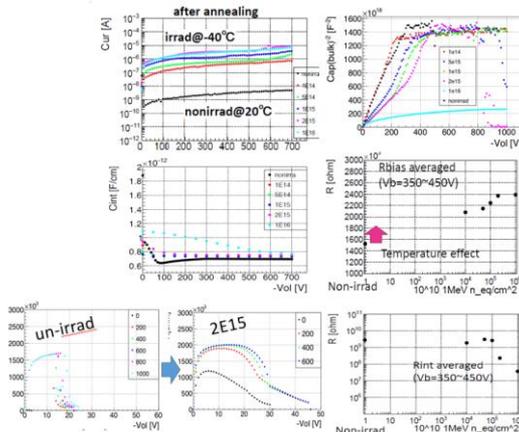
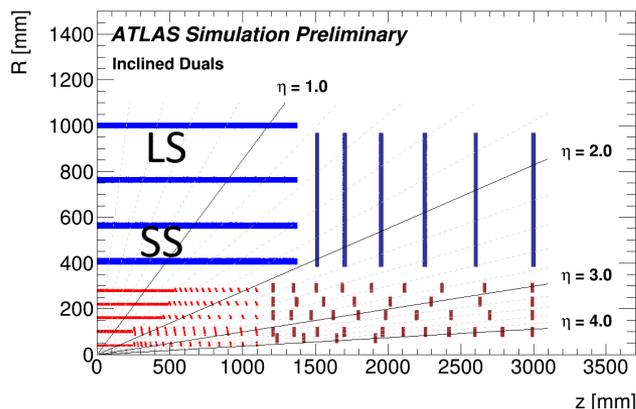


FDR (final design review)

最終設計センサー: ATLAS17LS, R0⇒18SS, R1~R5
陽子照射サンプルの評価

収集電荷量
表面損傷等に問題なし

大鳴・原田・和田・佐藤 2018



✓ 日本グループはバレル部の半数のセンサー製造分担
センサーQC/QA

R. Hunter et al, *First bulk and surface results for the ATLAS ITk Strip stereo annulus sensors*

A.J. Blue et al, *Test beam evaluation of silicon strip modules for ATLAS phase-II strip tracker upgrade*

V. Cindro et al, *Measurement of the charge collection in irradiated miniature sensors for the upgrade of the ATLAS phase-II strip tracker*

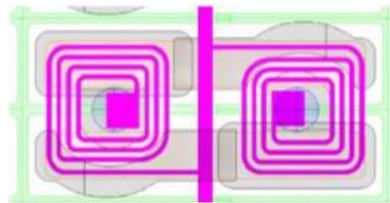
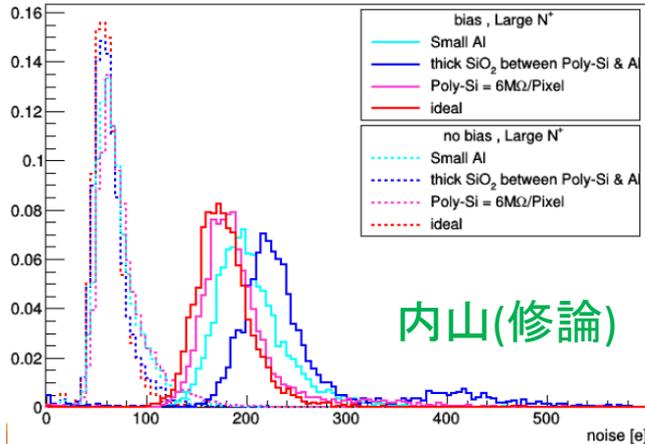
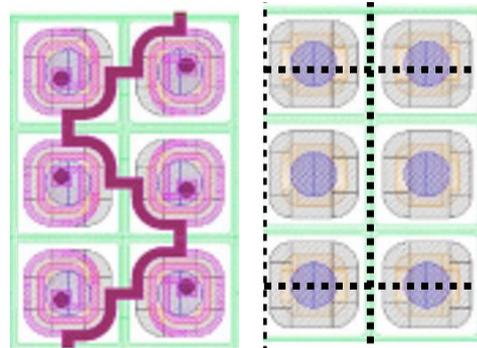
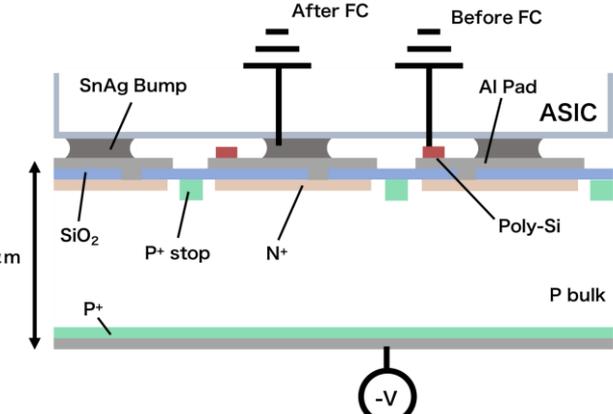
HL-LHC Pixel Sensor

ATLAS-J silicon

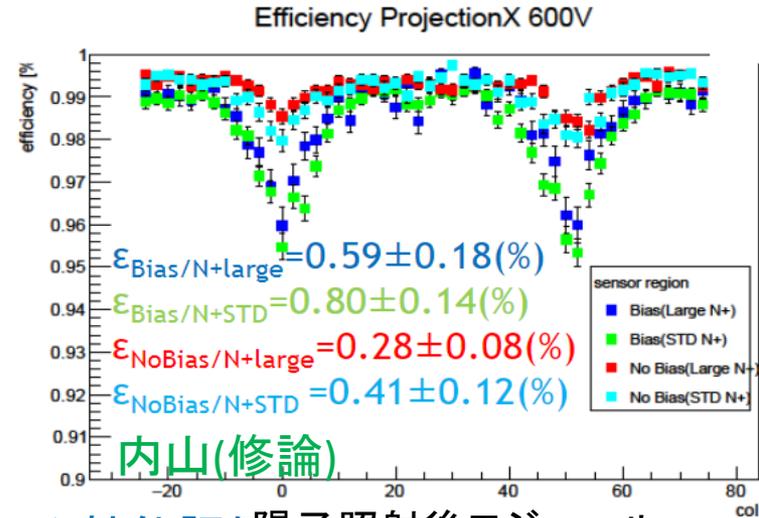
日仏FJPLL: 筑波大/KEK(原)—LAL(Louis)

ATLASに設置できるFlex基板
ピクセルモジュール(4x4cm)

3rd-5thに設置できるバイアス構造付
p型ピクセルモジュールを設計 (50x50 or 25x100um pixel)



25x100はノイズが大(pixel間容量)...

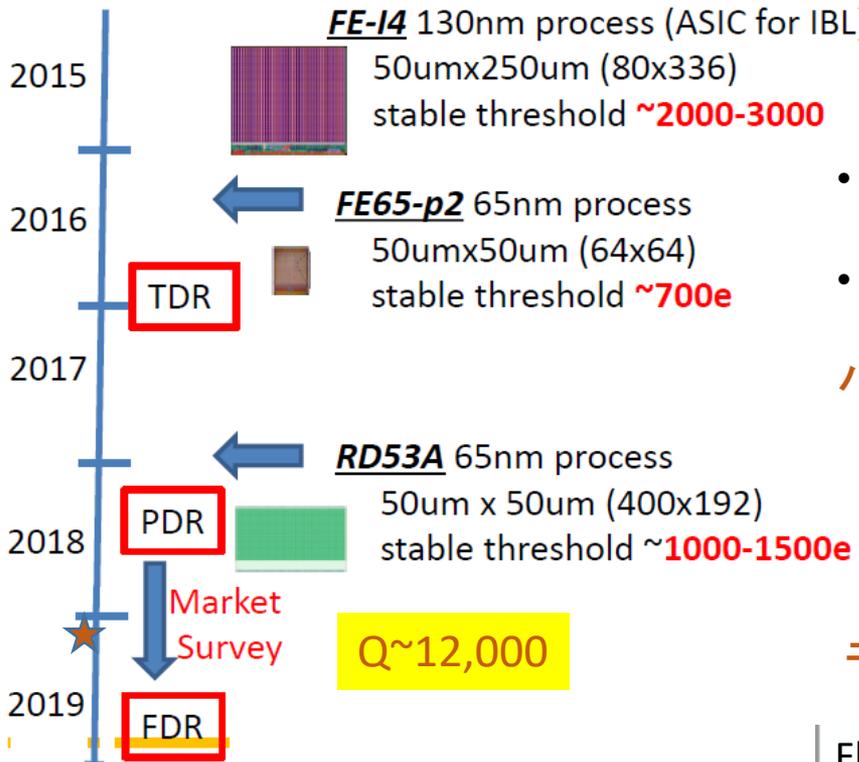


- ✓ 最新のRD53Aを用いた構造最適化とテストビーム性能評価 陽子照射後モジュール
- ✓ 2月からFNALビーム試験



HL-LHC Pixel Sensor

- ✓ Japan sensor/module 製造分担
20% barrel(900~17,00 modules) +
34% EC planar(800)

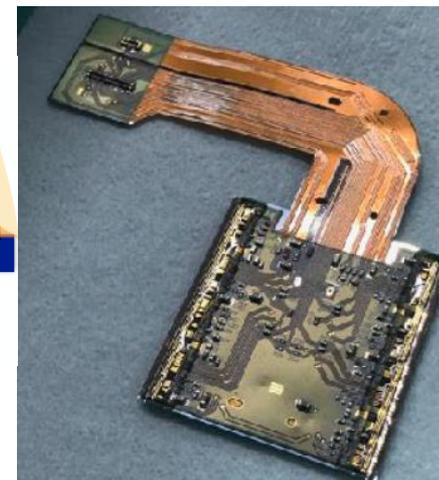
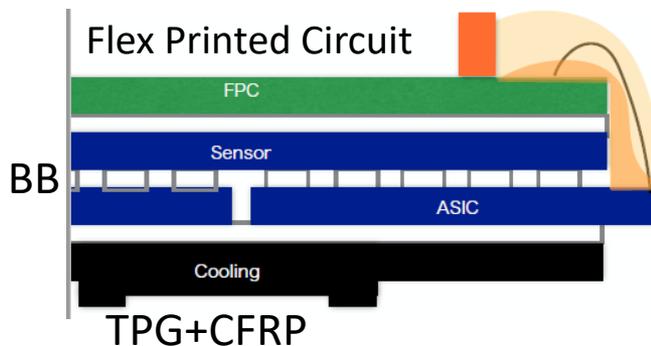


- PixelセンサーMarket Surveyの最終段階「仕様どおりのセンサー」 HPKはOK
- 最新のASICを用いたモジュール試作+テストビーム評価

ハイブリッド化

ASIC(150um)+sensor(150um)の bumps bond の実績がない... 今までは海外でB形成+遅延
→T-Microで試作中

モジュール化 (九大+KEK)



1. 最も重要な研究成果

光周波数コムと走査トンネル顕微鏡を用いた新しい原子分解能精密分光法を開発
(論文: 原稿ができておりまもなく投稿予定)

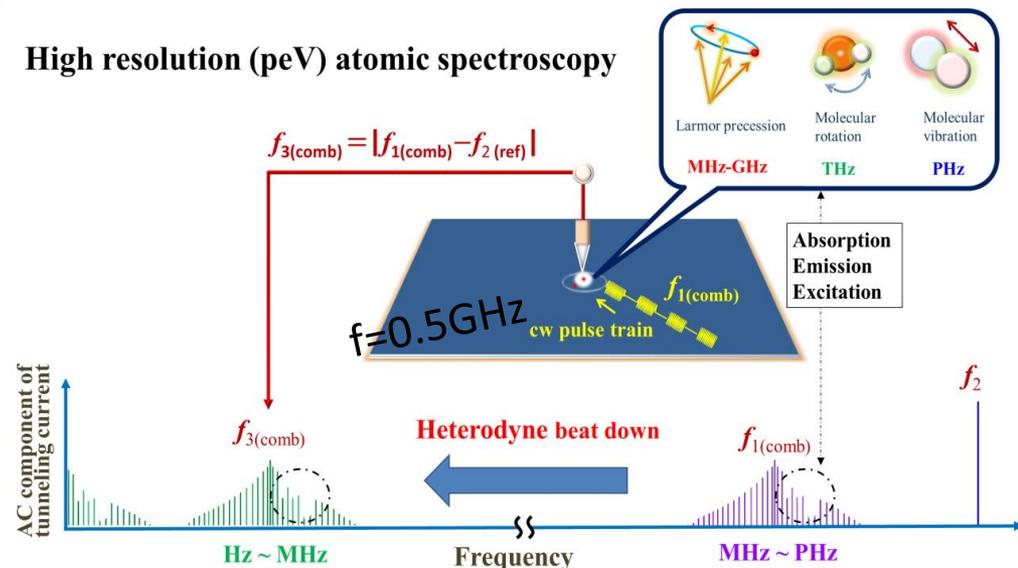
2. 外部獲得資金など

- ・ 科研費 基盤B 代表 (2016-2018)
- ・ 科研費 挑戦的萌芽 代表 (2016-2018)
- ・ 科研費 挑戦的研究(萌芽) 代表 (2018-2020)
- ・ 公益財団法人 村田学術振興財団 2018年度研究助成 代表 (2018-2019)
- ・ 一般財団法人サムコ科学技術振興財団 平成30年度 第2回 薄膜技術に関する研究助成 代表 (2018-2019)
- ・ 公益財団法人 小笠原科学技術振興財団 平成30年度一般研究助成 代表 (2018-2019)
- ・ 東京工業大学 元素戦略センター 特定准教授 (年度更新)

3. 国際交流活動 Duisburg-Essen大学、University Colleague London

4. その他特記事項

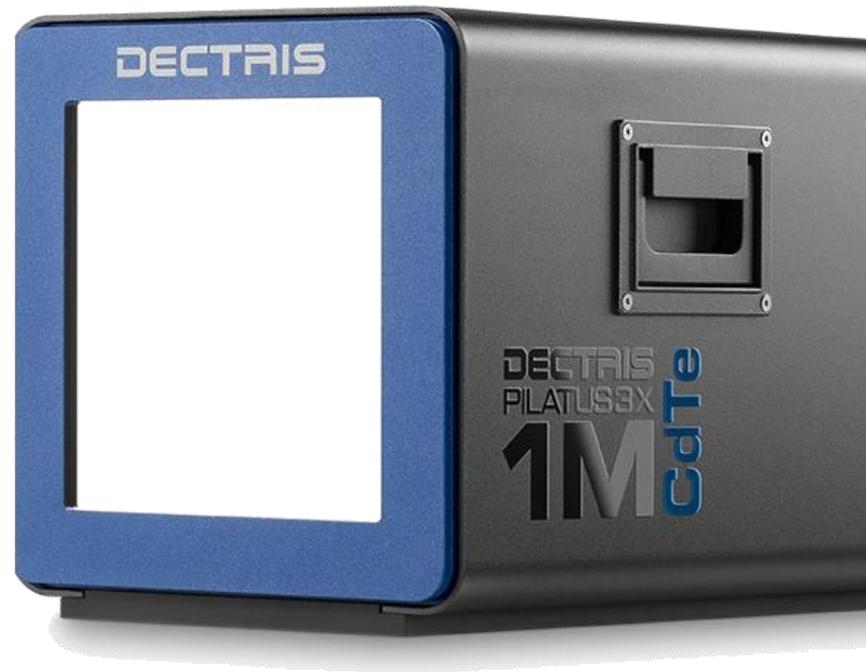
High resolution (peV) atomic spectroscopy



SPring-8 PU課題にて新型CdTe検出器の評価

(代表: Iversen Bo, メンバー西堀)

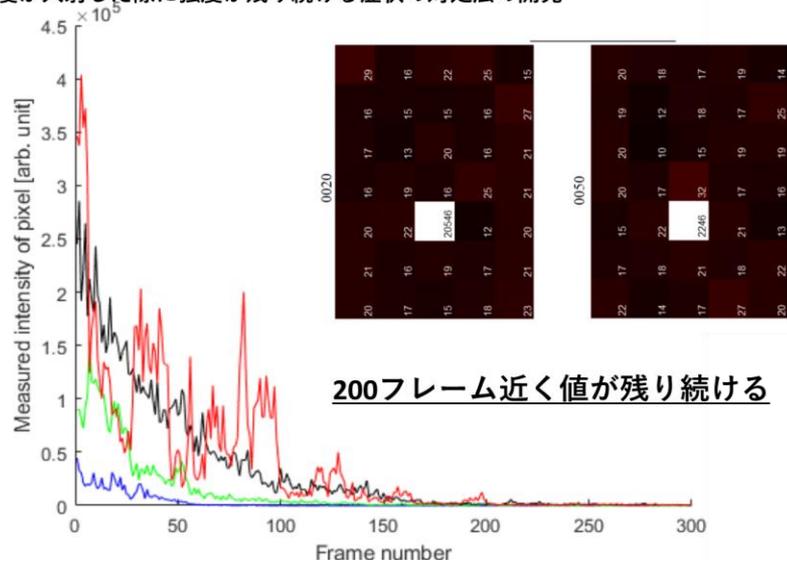
Number of detector modules	2 x 5
Sensitive area (width x height) [mm ²]	168.7 x 179.4
Pixel size [μm ²]	172 x 172
Total number of pixels (horiz. x vert.)	981 x 1043 = 1,023,183
Gap between modules (horiz./vert.) [pixel], *plus 1 pixels horizontal gap on each module	7* / 17
Inactive area [%]	7.8%
Defective pixels	< 0.1%
Maximum frame rate [Hz]	500
Readout time [ms]	0.95
Point-spread function	1 pixel (FWHM)
Threshold energy [keV]	8 - 40
Maximum count rate [phts/s/pixel]	1 · 10 ⁷
Counter depth	20 bits (1,048,576 counts)
Power consumption [W]	165
Dimensions (WHD) [mm ³]	265 x 286 x 455
Weight [kg]	25
Module cooling	Water-cooled
Electronics cooling	Air-cooled
External trigger / gate	5V TTL



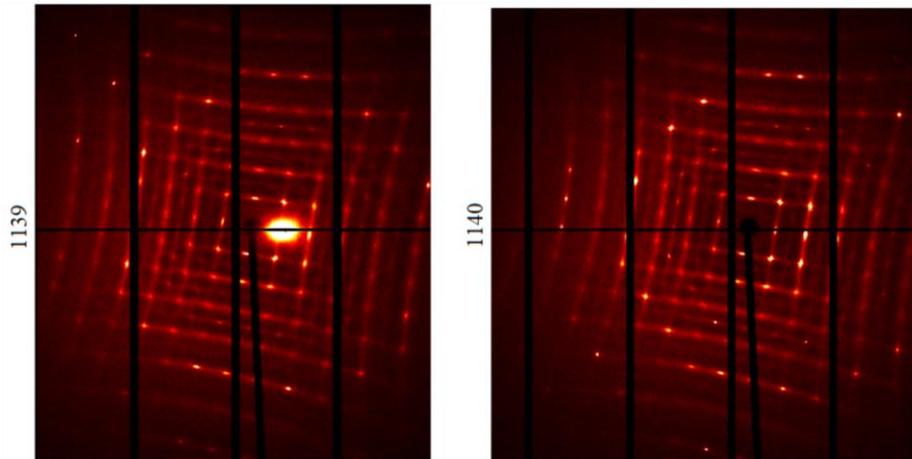
判明した問題点

判明した問題点

大強度が入射した際に強度が残り続ける症状の対処法の開発



フレーム間にX線が入射し広がった散乱が現れた際の対処法の開発



逆空間全体の再構築のため、 $\Delta\omega = 0.2^\circ$ での3D- Δ PDF用 180° 測定で判明

出現条件の特定、原因の解明、除去方法の開発

解決のための新課題(2019~2021)

高エネルギーX線2次元検出器を用いた高度物質構造科学研究

代表: 筑波大 西堀、メンバー Iversen(ユニット招致)

申請、面接審査委終了、2月に採否決定

まとめ

- 部門全体としての活動

いくつかの研究会とセミナーの開催

部門活動費(30+30万円)→テストビーム、学会旅費

- 各プロジェクトで着実な進展

国際協力での推進 (ATLAS HL-LHC, ALICE Focal, STAR upgrade)

TIA(KEK)関係の推進 (SOI, LGAD)

TIA+CUP/IBS (COBAND)

- 継続課題<予算申請中>

部門に併設するシリコンラボ(仮称)

テストビームラインの新設(KEK-AR)と共同利用としての運営