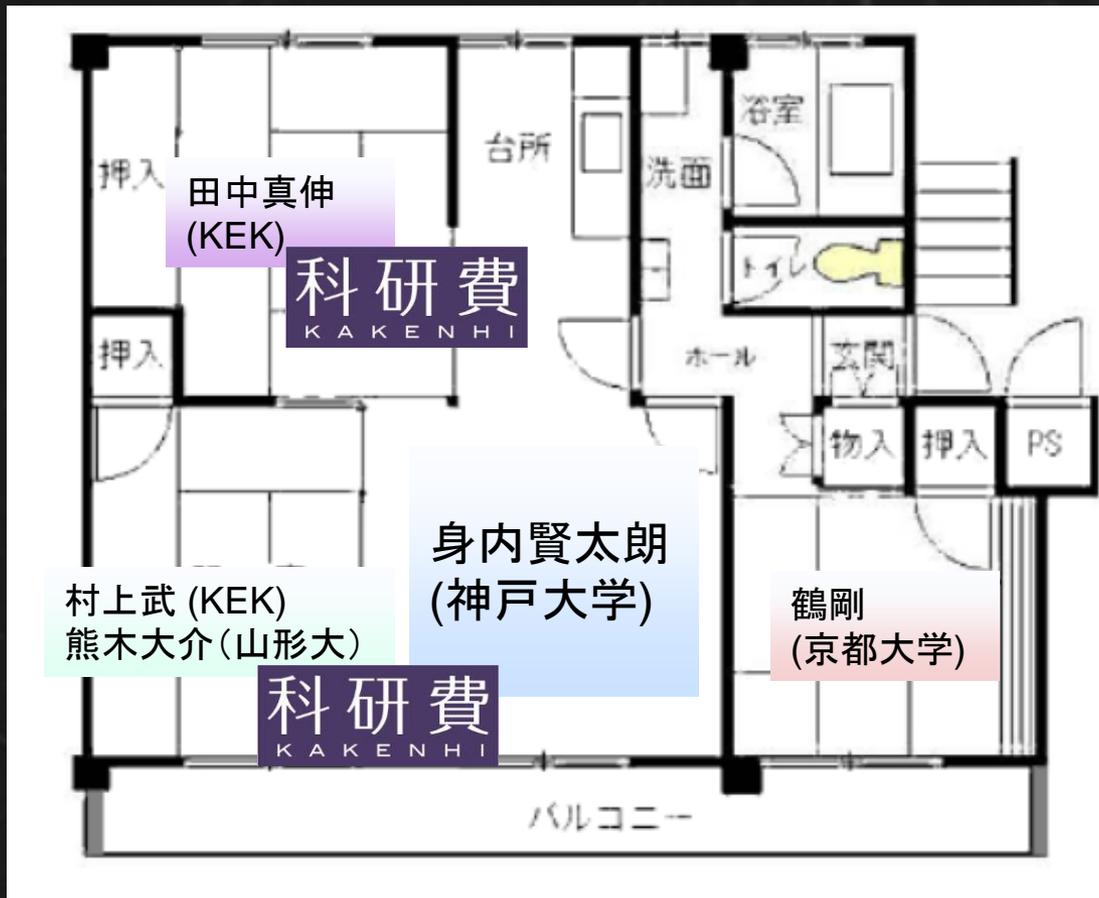


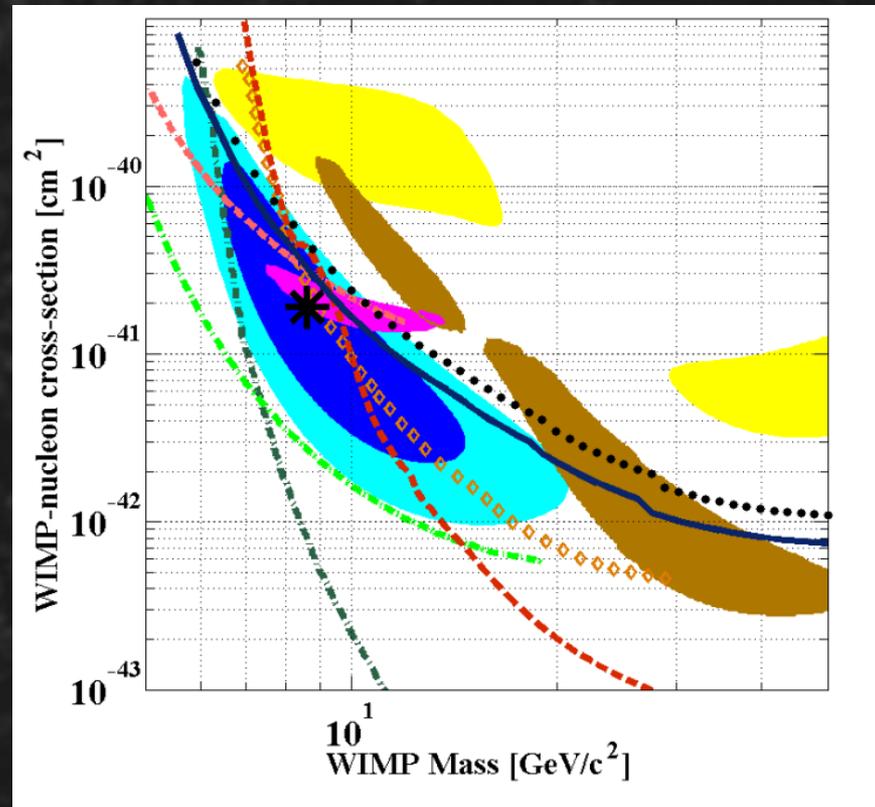
低質量暗黒物質直接探索実験 (仮称: 3LDK)

(=Low threshold Low-Z detector for Low-mass Dark matter search at Kamioka)



2014年3月27日
日本物理学会
第69回年次大会
(東海大学)

低質量 (<10 GeV) 暗黒物質



◆ アリとゾウ

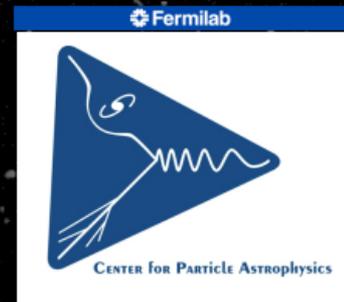
- DAMIC (CCD 1g)

Searching for low mass dark matter with DAMIC

Ben Kilminster
Fermilab

Identification of Dark Matter
IDM 2012

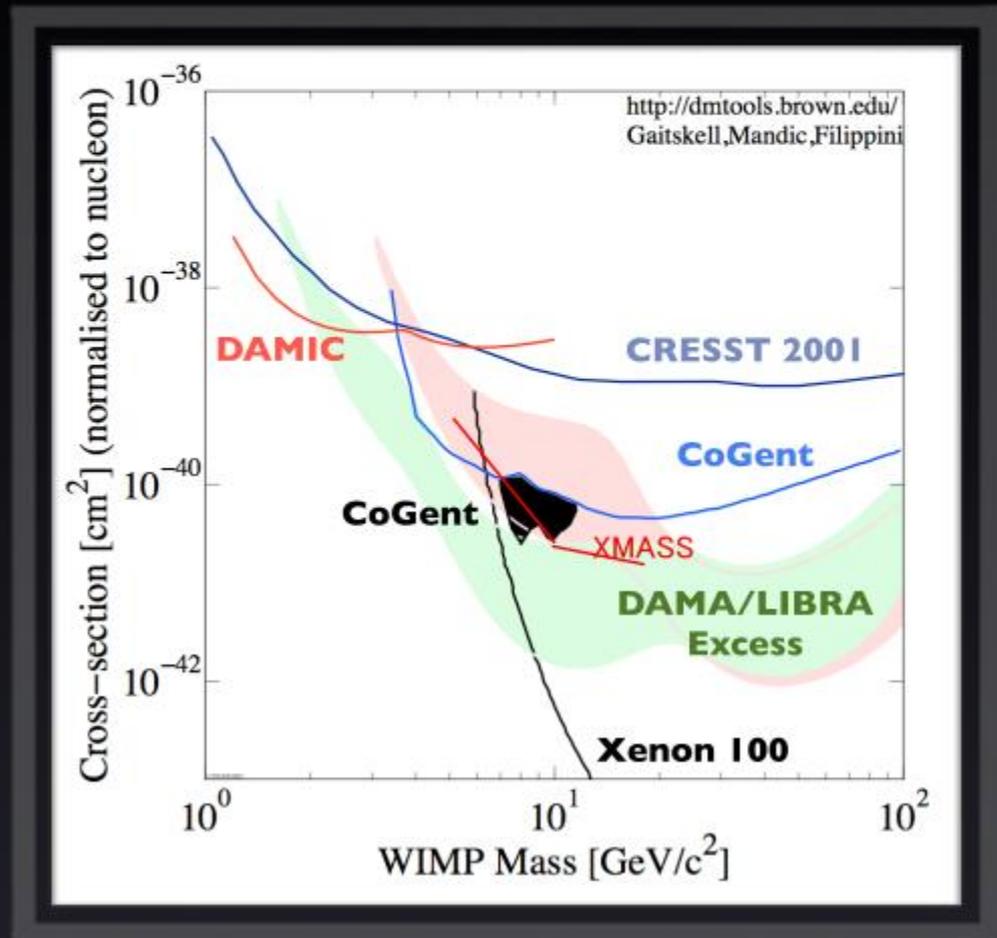
Results in Phys. Lett. B 711, 264-269 (2012)
arXiv:1105.5191 [astro-ph.IM]



Results from First Run

- **Wimp density**
→ **0.3 GeV/cm**
- **$V_{\text{earth}} = 244 \text{ km/s}$**
- **$V_{\text{escape}} = 650 \text{ km/s}$**

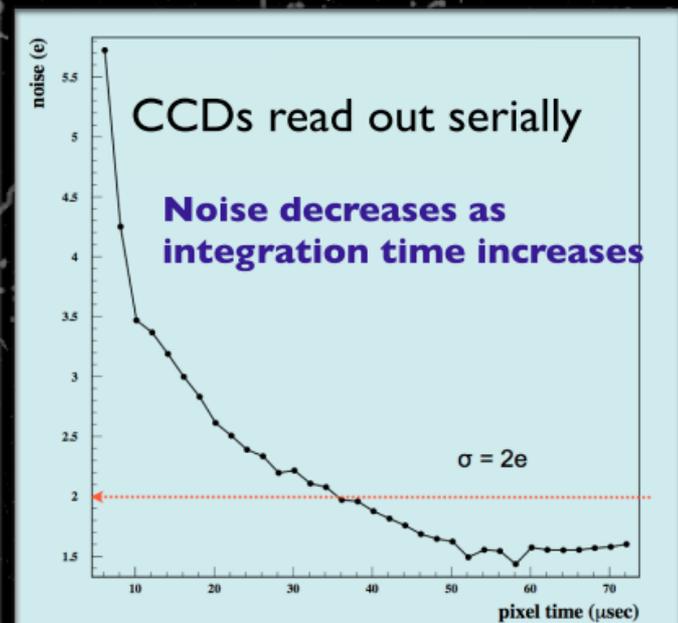
Assumes Lindhard quenching factor
for conservative limits



- **低閾値 それだけ**
(低質量のDMに特化)

Energy threshold for DM search

- **CCDs cooled to -150 C to reduce noise**
- **50 μ s / pixel**
 - **RMS of 2 e-**
 - **7.2 eV equivalent ionizing in Silicon**
- **Threshold of 40 eV_{ee}**
 - **Lowest of current DM experiments**
- **We are pushing energy threshold even further**
 - **RMS of 0.2 e- may be possible**



Experiment	Threshold
DAMIC	0.04 keV _{ee}
COGENT	0.5 keV _{ee}
CDMS II	3 keV _{ee}
Xenon 100	8.4 keV _{nr}

◆ 低閾値 low Z の検出器(すべて半導体)

もの	ブローカー、プロ	ターゲット	電離エネルギー [eV]	枯れ度	特徴
CCD	鶴(京大)	Si	3.65	◎	
SOIPIX	鶴(京大)	Si	3.65	△→○	VETO可能
SiC	田中(KEK)、大島(原研高崎)	C, Si	7.8	△	
ダイヤモンド	田中(KEK)、金子(北大)	C	13	○	
有機半導体	田中(KEK)、熊木(山形大)	C	~8	×	
Ge(参考)		Ge	2.96	◎	

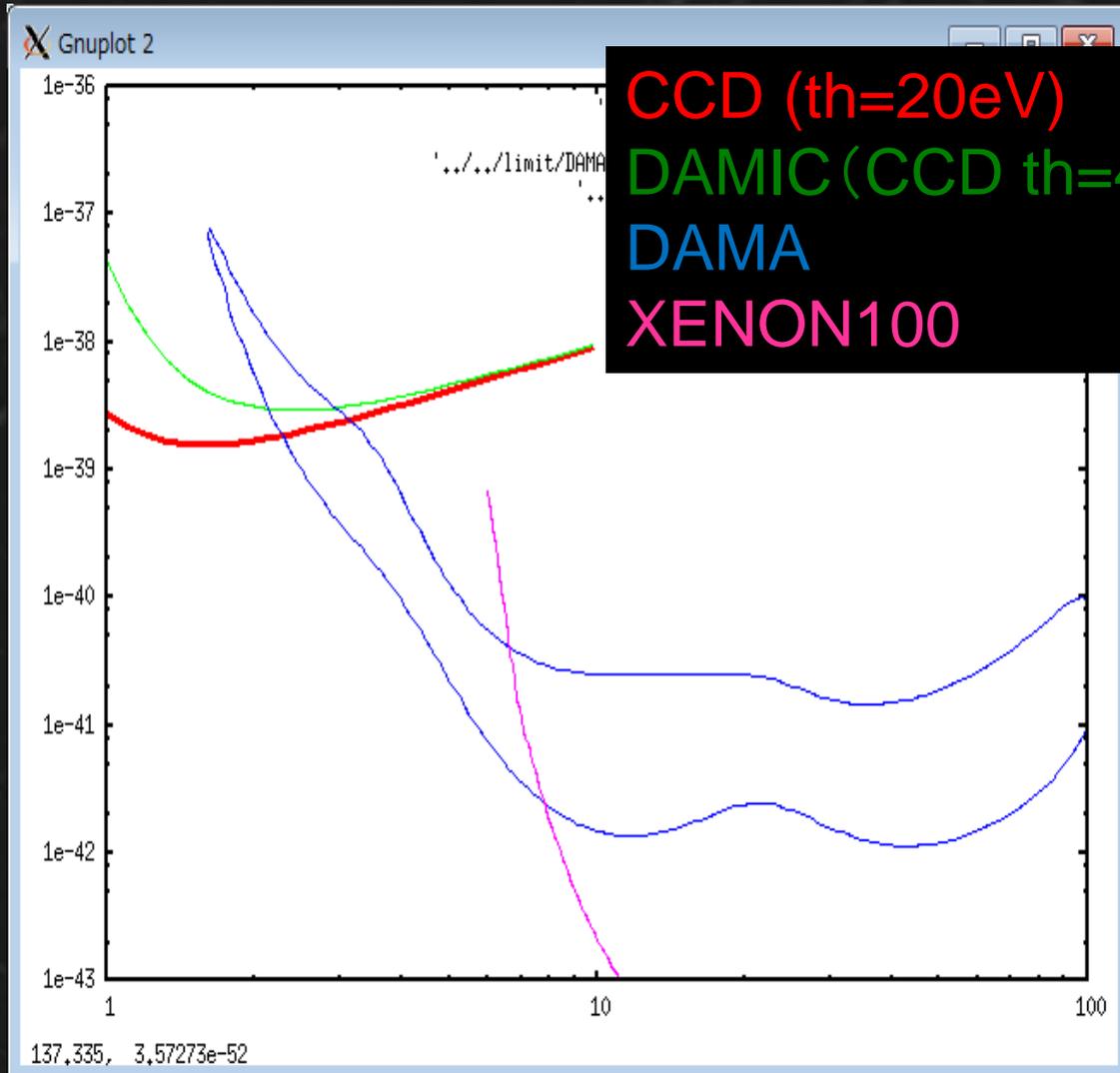
● 大雑把にいてSignal \propto (電離エネルギー)⁻¹

もっと細かくは検出器容量、リーク電流なども関係

⇒ Siでth, BG 頑張るか CでBG頑張るか



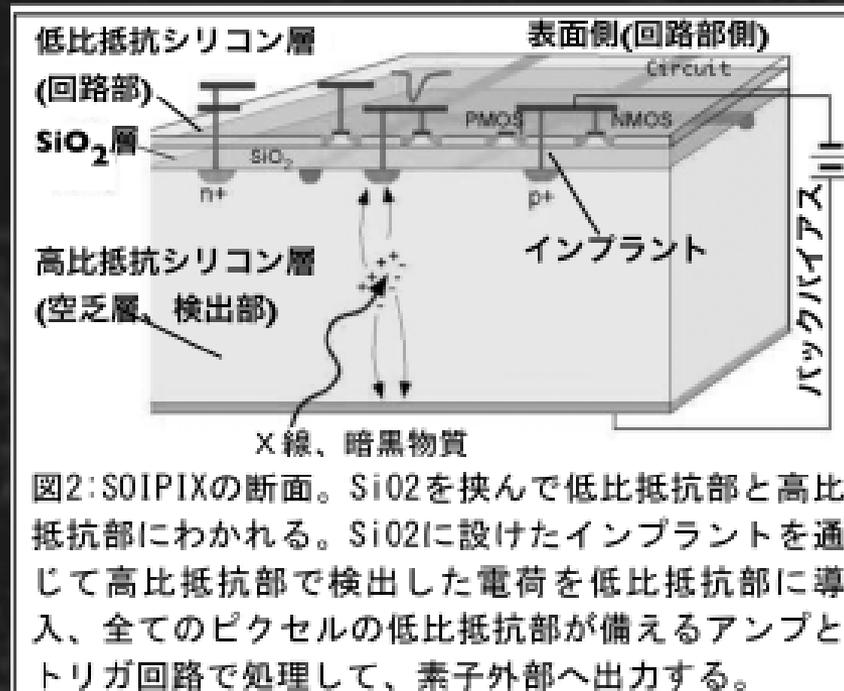
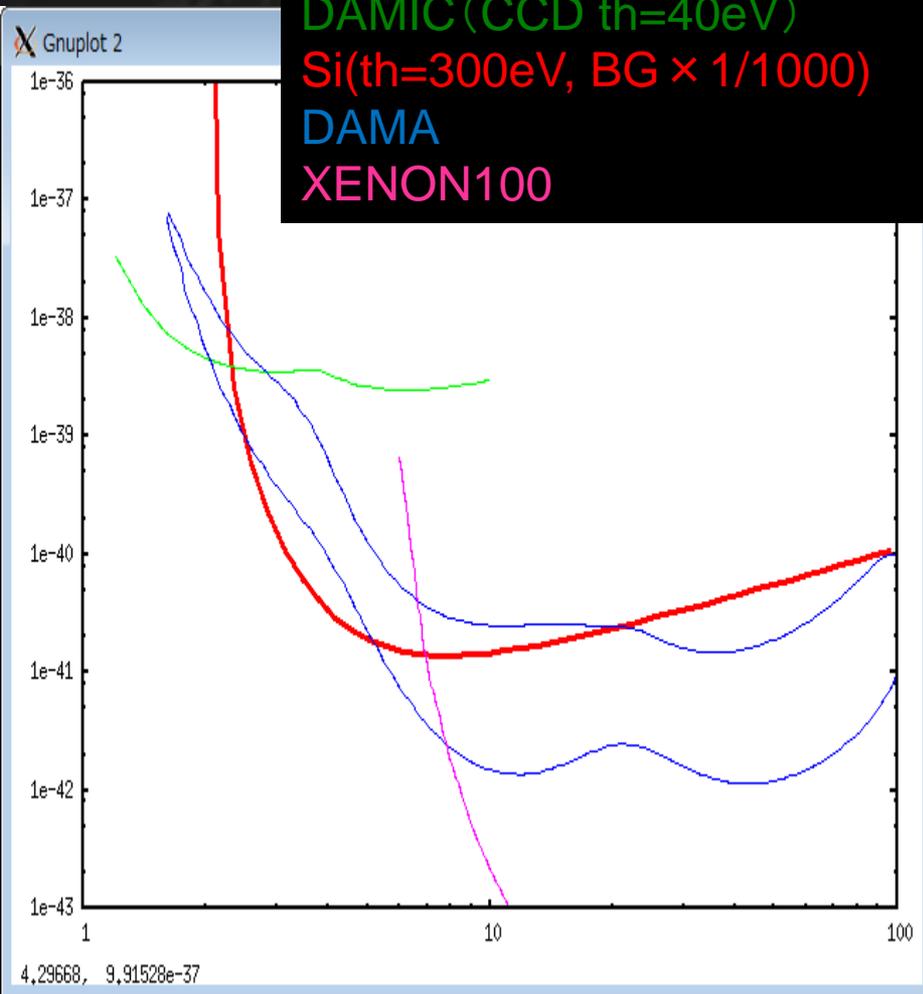
①Siで閾値をさらに頑張る



40eVは(2e rms)かなりすごい、上に半分にしても

それほど意味がない。

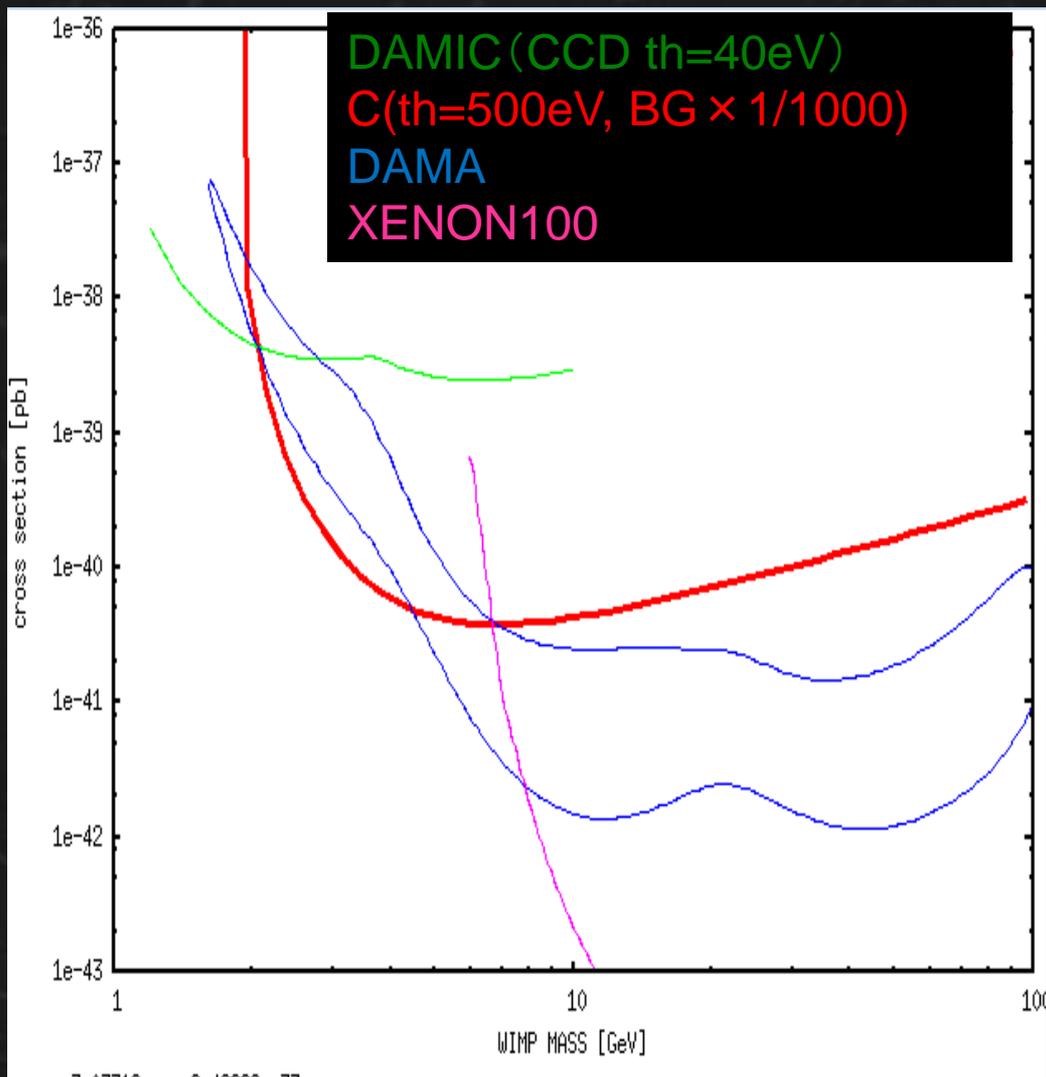
● ②CCDの弱点: VETOをかけられない。をつく
 →SOIPIX (ピクセル読み出し) with 鶴氏(京大)



BGを落とせば
 閾値が300eVでも戦える。

③Cで閾値は高めで戦う

→有機半導体 SiC ダイヤモンド



BGを落とせれば
閾値が500eV(\sim 3keVnr)で
も戦える。

もの	プロ	電離エネルギー[eV]	枯れ度
SiC	大島(原研高崎)	7.8	○
ダイヤモンド	金子(北大)	13	○
有機半導体	熊木(山形大)	~8	×

● ダイヤモンド

- RAD HARD⇒T2Kのビームモニタとしても開発中
- CVD(Chemical Vapor Deposition)法という「安価な」製法
- O(100万円)/g 程度 金子さん嶋岡さん(北海道大学)
- !リーク電流の低減とコスト低減

● SiC

- RAD HARD
- !リーク電流低減と大質量化

ダイヤモンド
ノイズ評価用サンプル

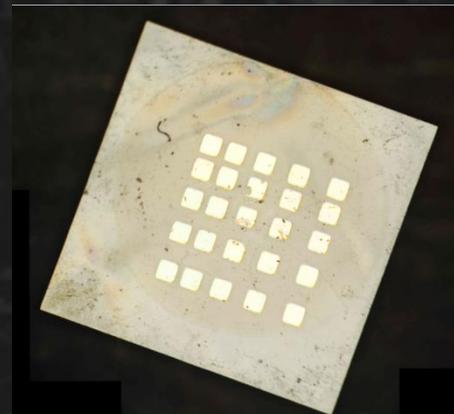
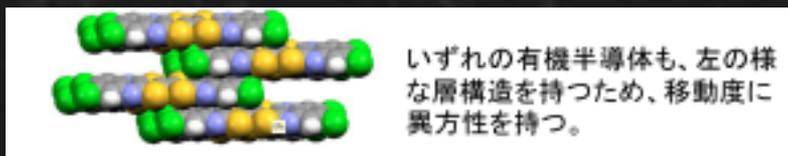


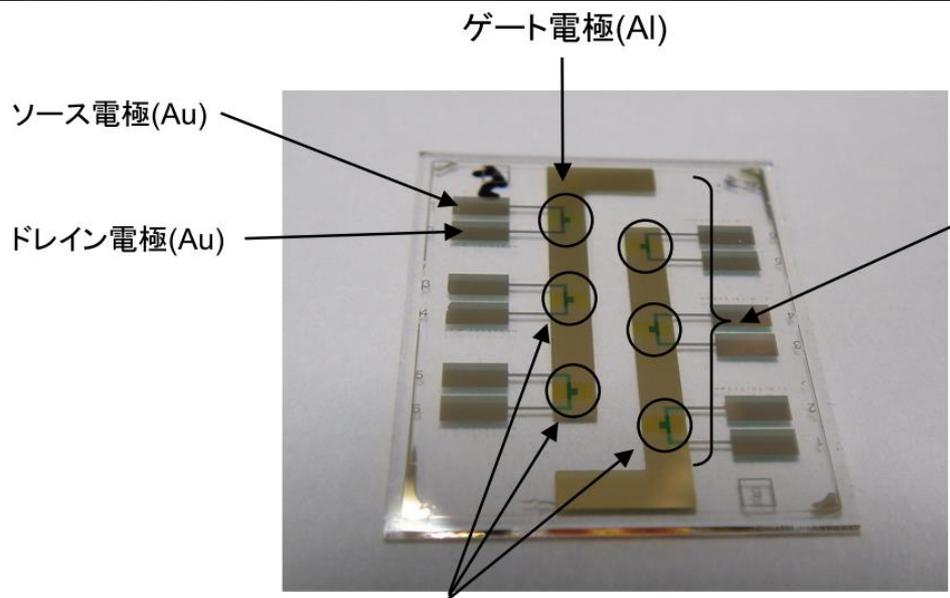
写真2 : SiC検出器サンプル。原研大島氏製作

● 有機半導体

- 産業様にさまざまな物質が開発されている
(具体例はまだ非公開)
- 空気中での安定度が問題
- 検出器としてはほとんど実績なし
- 半導体としての基礎特性の測定中
→ 検出器としての試験へ
- **! 陽子の中性子BG**



もの	プロ	電離エネルギー[eV]	枯れ度
SiC	大島(原研高崎)	7.8	○
ダイヤモンド	金子(北大)	13	○
有機半導体	熊木(山形大)	~8	×

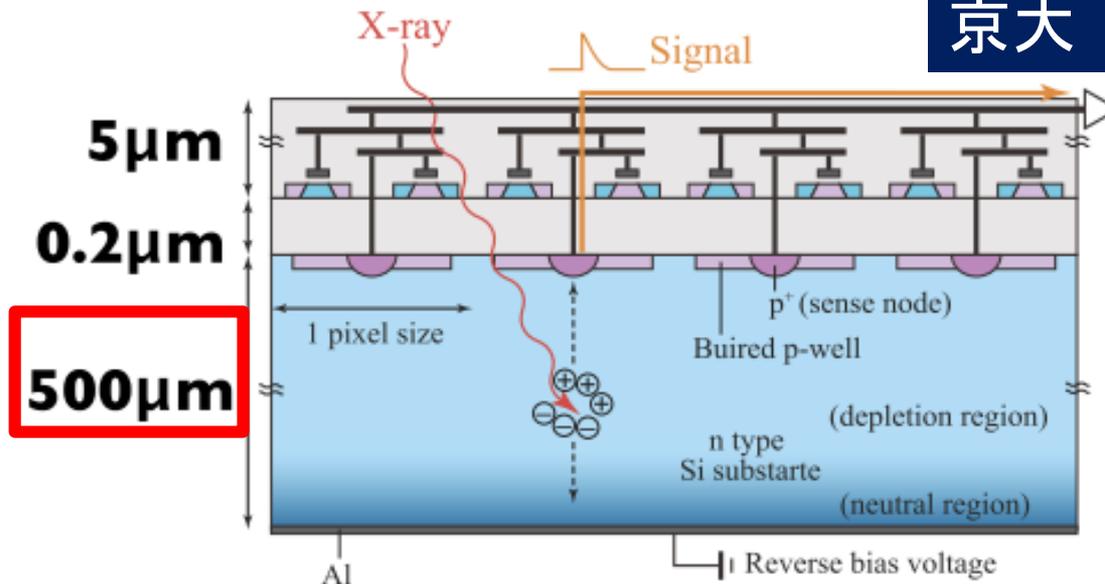


W=500
L=5, 10, 20, 50, 100, 200

X線SOIPIX (SOI Pixel Sensor) 一体型ピクセル検出器

京大 鶴

高速CMOS回路 (低比抵抗Si)
絶縁体(SiO ₂)
センサー部 (高比抵抗, 厚いSi)



- 高いX線感度
- 高度なアナログ信号処理

素子内で両立

各ピクセルにトリガ出力回路+アナログ読み出し回路

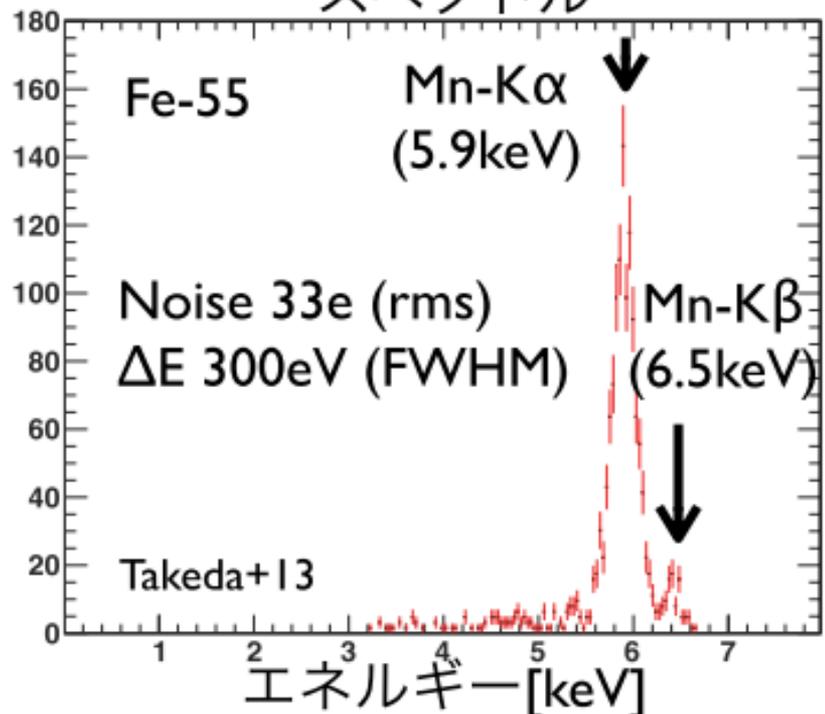
イベント検出のタイミングと位置を $\sim 1 \mu\text{sec}$ で検出

⇒反同時計数により非X線BGDを2桁下げる

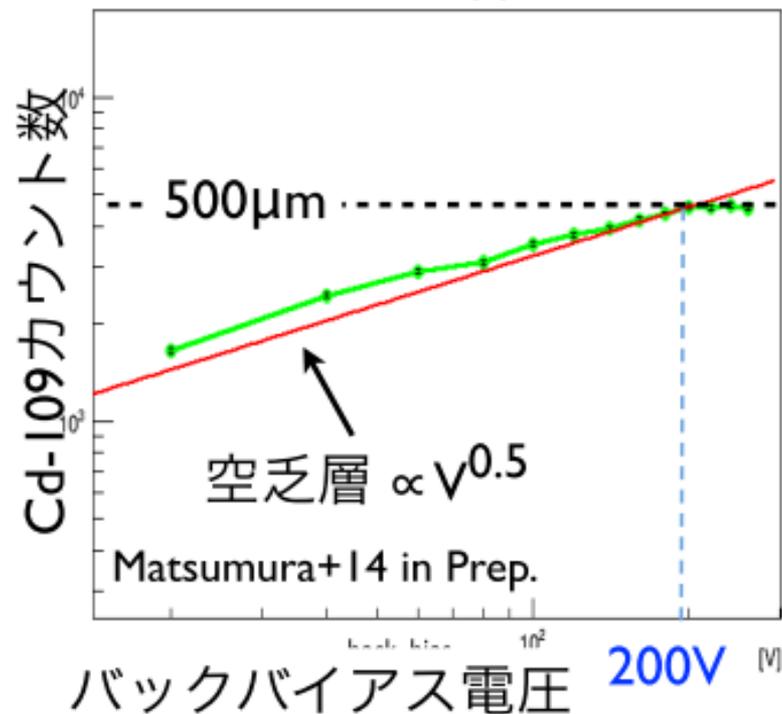
X線SOIPIX - 現在の性能

京大 鶴

スペクトル



空乏層



— 他の実証済み項目 —

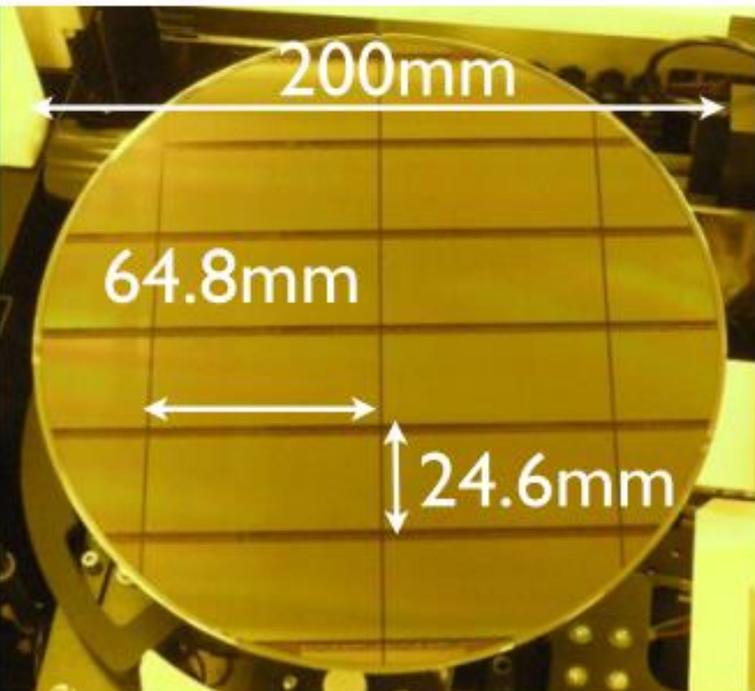
- 高レートイベント駆動 (>1kHz)
- (他素子) 不感層 0.6 μ m (<XIS-FI)
- (他素子) 画像領域 24.6 \times 64.8mm²



FY2014
プロセス予定
画像領域 17mm \square
560 \times 560

大きな撮像領域

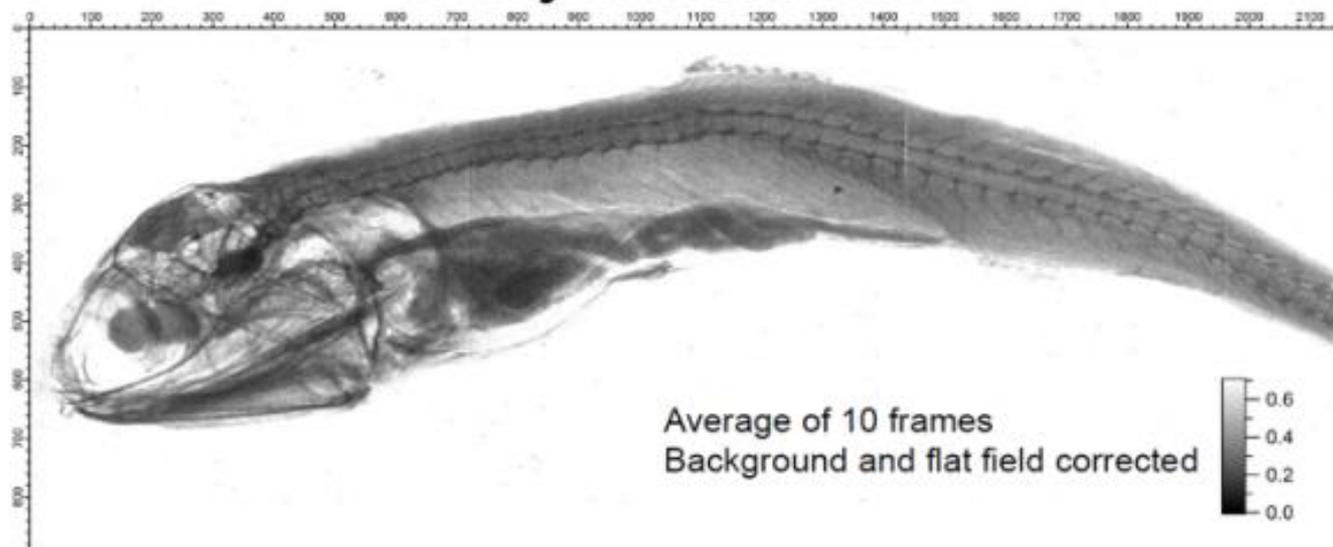
京大 鶴



- ウェハ 200mm ϕ (8インチ)
- 24.6 \times 64.8mm²のイメージング領域実現済み (理研 XFEL用 SOPHIAS)

X-ray Transmission

RIKEN SOPHIAS chip



◆ これからだ。

◆ 4LDK、5LDK への拡張 : 新住人 募集中

- Low BG

- Large