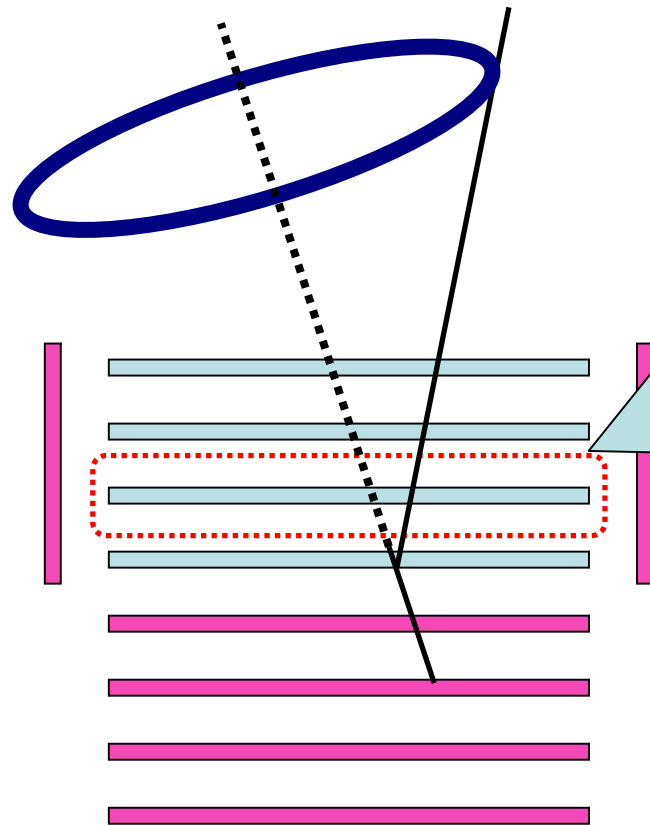


0.5mm厚

低ノイズSi-strip検出器の開発

安田 創, 田中 琢也, 西野 翔, 深沢 泰司, 大杉 節(広島大),
田島 宏康(SLAC), 田中 孝明, 武田 伸一郎, 中澤 知洋,
渡辺 伸, 高橋 忠幸(ISAS/JAXA), 久保 信(Clear Pulse)

背景 ; ひとつ前の石川 (JAXA/ISAS) の発表に引き続き



Si-CdTe半導体コンプトン望遠鏡

0.3mm厚DSSD使用

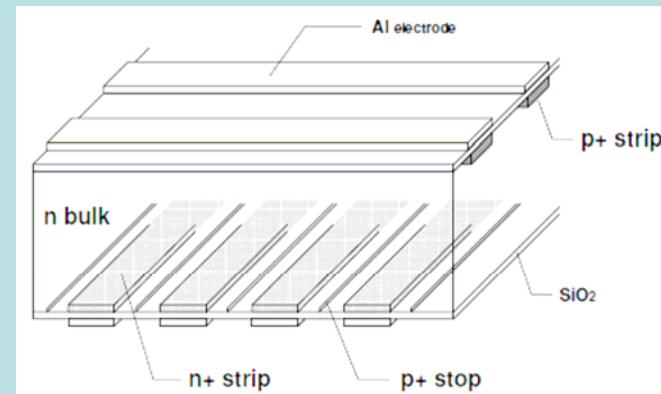
(石川 et al)

講演内容 ;

新たに、厚みを増して開発された**0.5mm厚DSSD**の評価

両面Si-strip検出器

Double Sided Silicon Detector (DSSD)



要求性能

- 高エネルギー分解能
- 高位置分解能
- 高散乱効率

0.3mm→0.5mm厚DSSD

狙い

検出器の電気容量 減 → 容量性ノイズ 減
有感層幅 増 → 散乱効率 高 ⇒ S/Nの向上

条件

完全空乏化に高い印加バイアスが必要

本実験概要

動作確認として

- 検出器電気容量測定
 - リーク電流測定
 - 1chからの読み出し
- ⇔ 0.3mm厚DSSDと比較

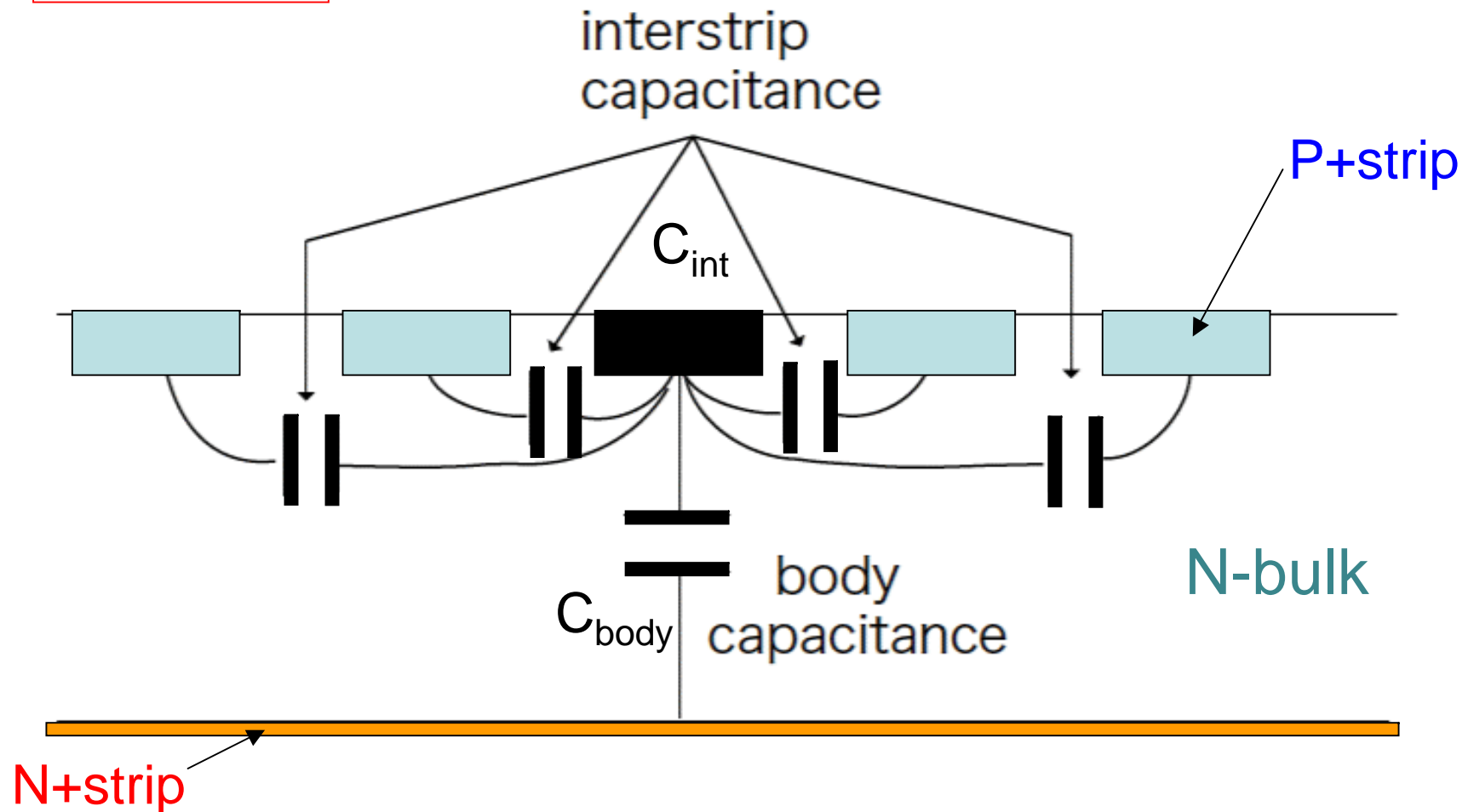
多ch同時計測

- 高いバイアス印加可能な読み出しシステム導入

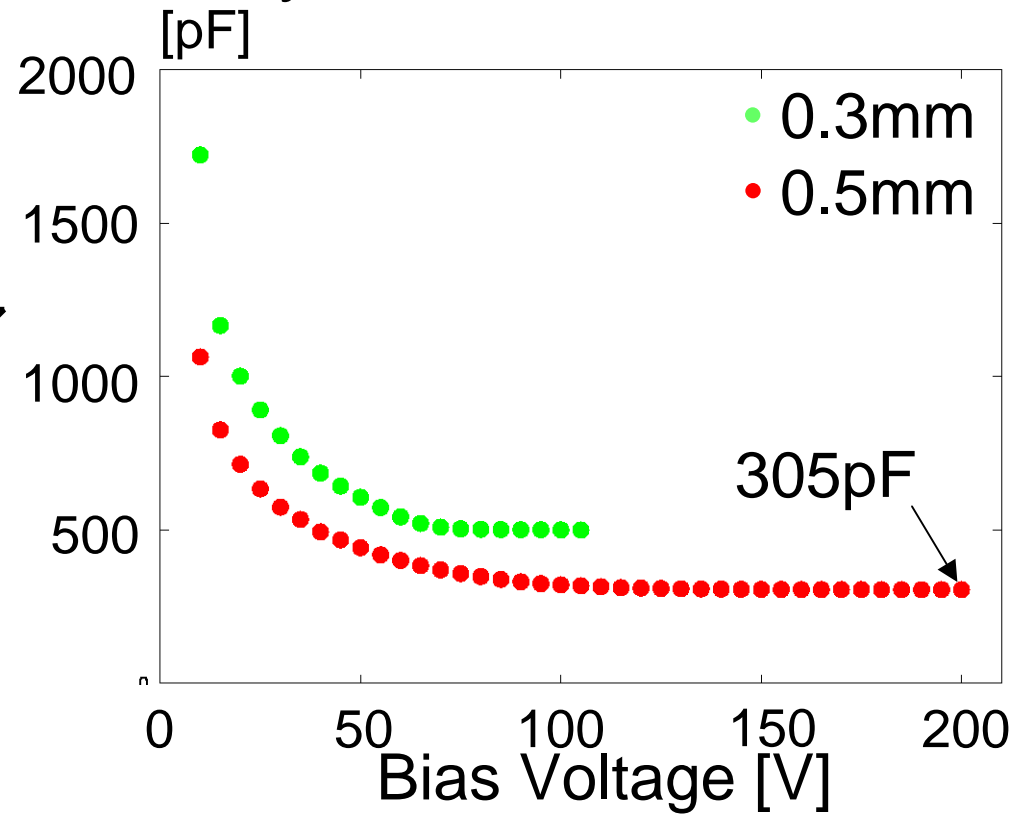
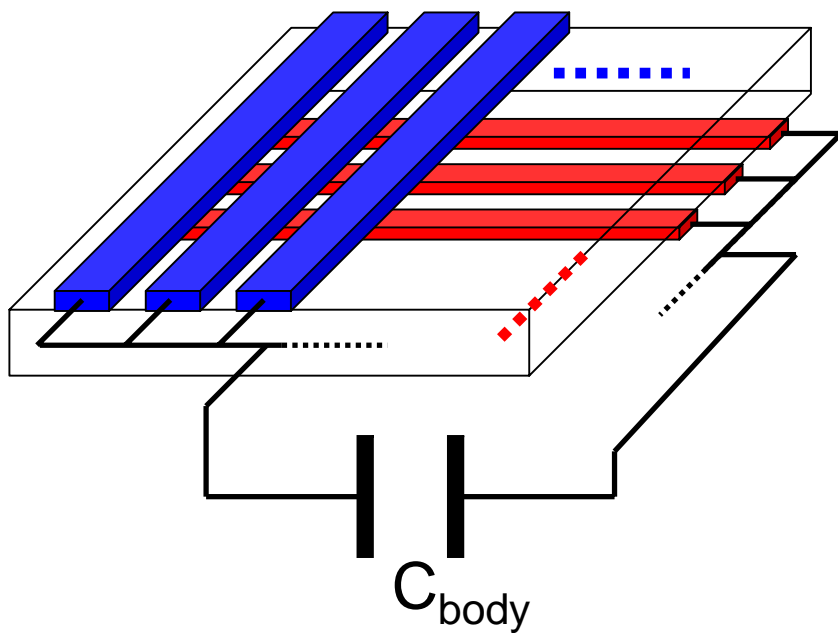
電気容量測定

DSSDの容量成分は主に二つ $\Rightarrow C_{\text{body}} + C_{\text{int}}$

DSSD断面



Body Capacitance : C_{body} 測定

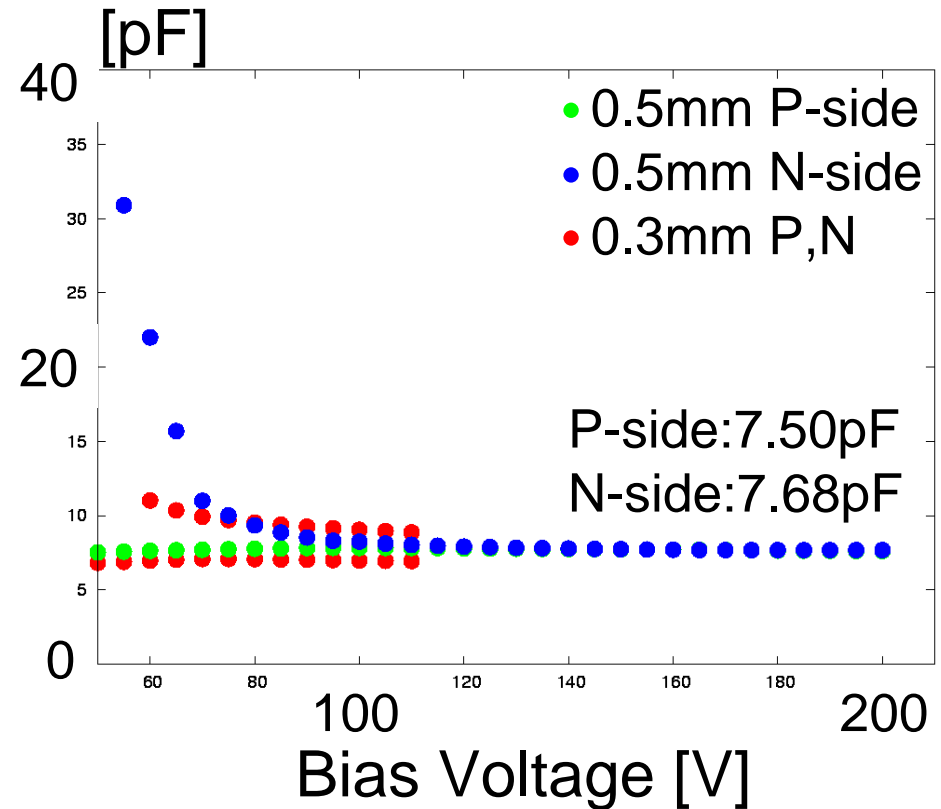
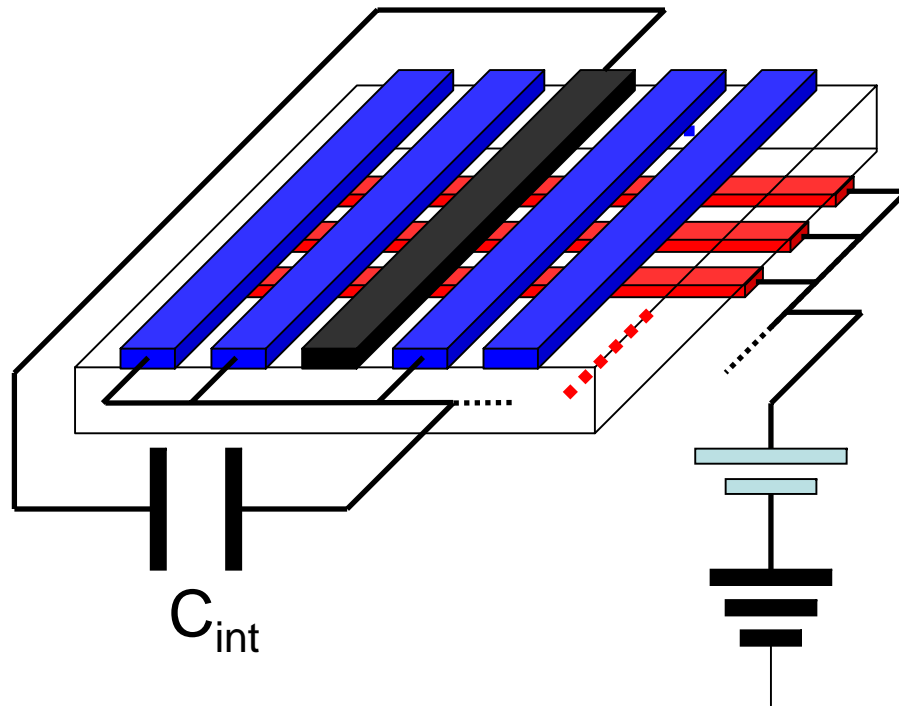


200Vで空乏化

平板コンデンサとみなすと $C = \epsilon \frac{S}{d} = 313\text{pF}$

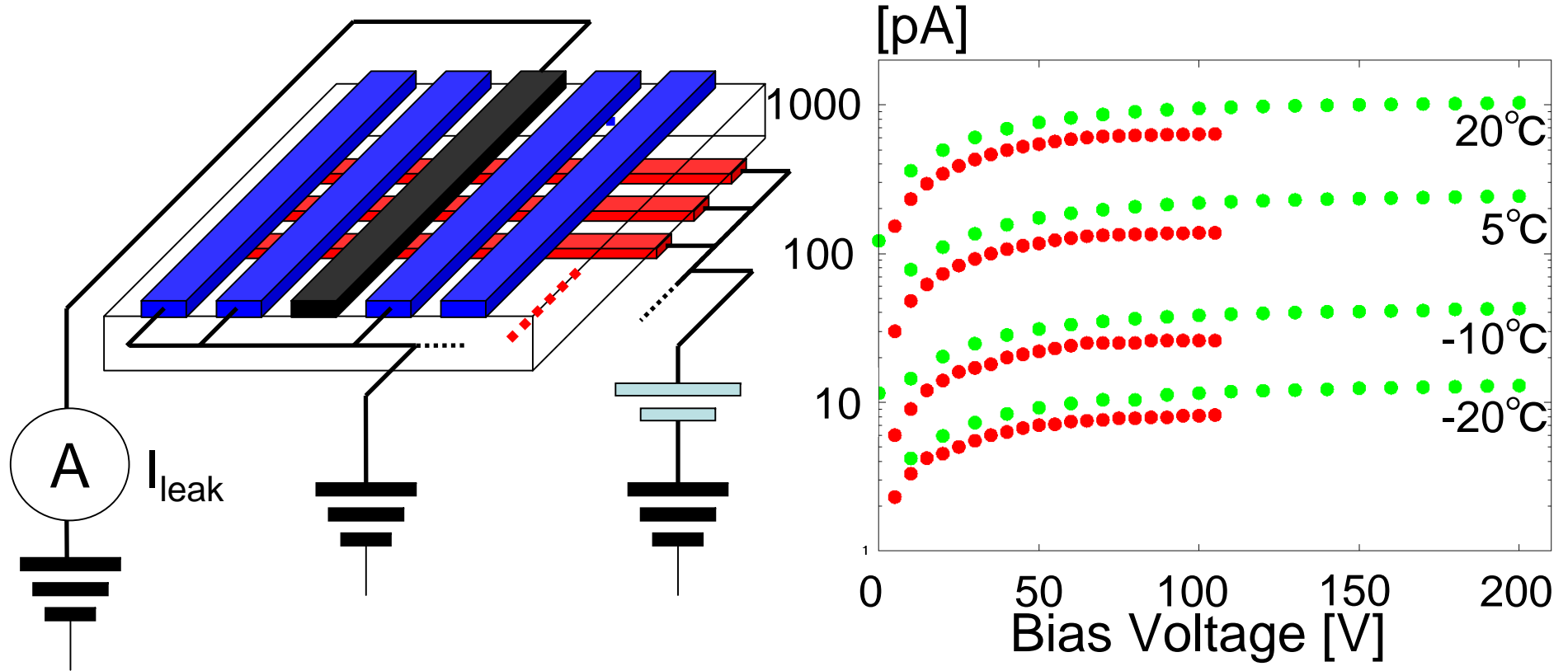
測定値: $305[\text{pF}] \div 313[\text{pF}] \Rightarrow$ 問題なく空乏層が広がっている

Inter-strip Capacitance : C_{int} 測定



0.3mmに比べ大きな差は無い⇒電極構造に問題なし
N-sideが200Vで下がりきる⇒完全空乏化

リーク電流測定



I-Vの特性は0.3mmとほぼ同様(値は2倍以内の差)
200V印加までで電流に急激な変化が無い事を確認
⇒Bias200Vで実際の読み出しを試みる

0.5mm厚DSSD

1ch読み出し (^{241}Am)

単体プリアンプ (CP580K)

1stripを読み出す



検出器としての動作を確認

P-side 1.32keV

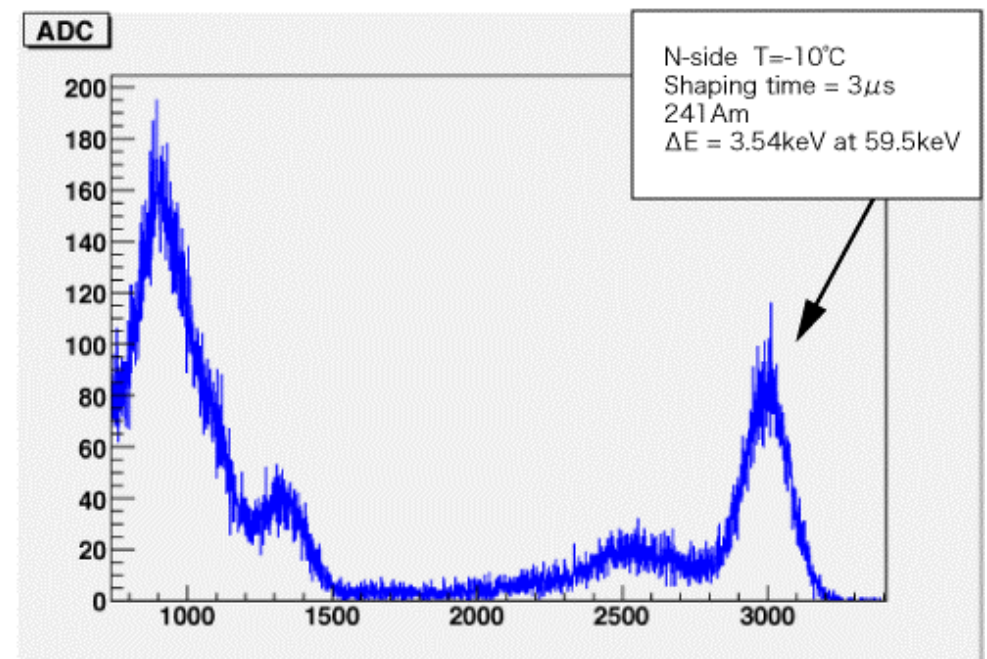
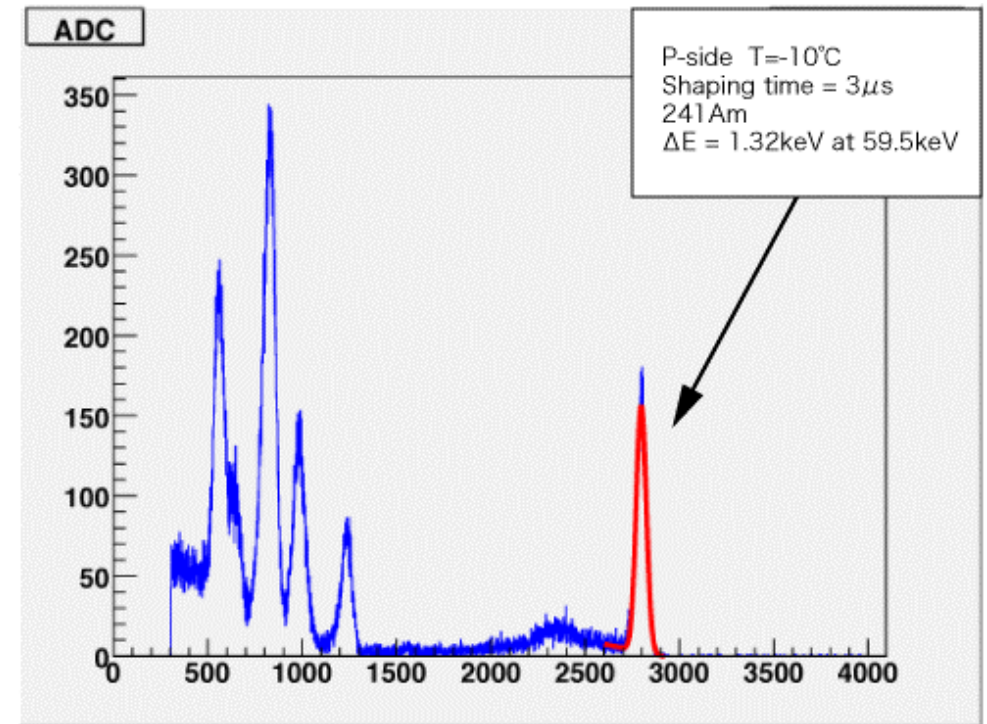
N-side 3.54keV

(@60keV, $T = -10^\circ\text{C}$, $\tau = 3\mu\text{s}$)

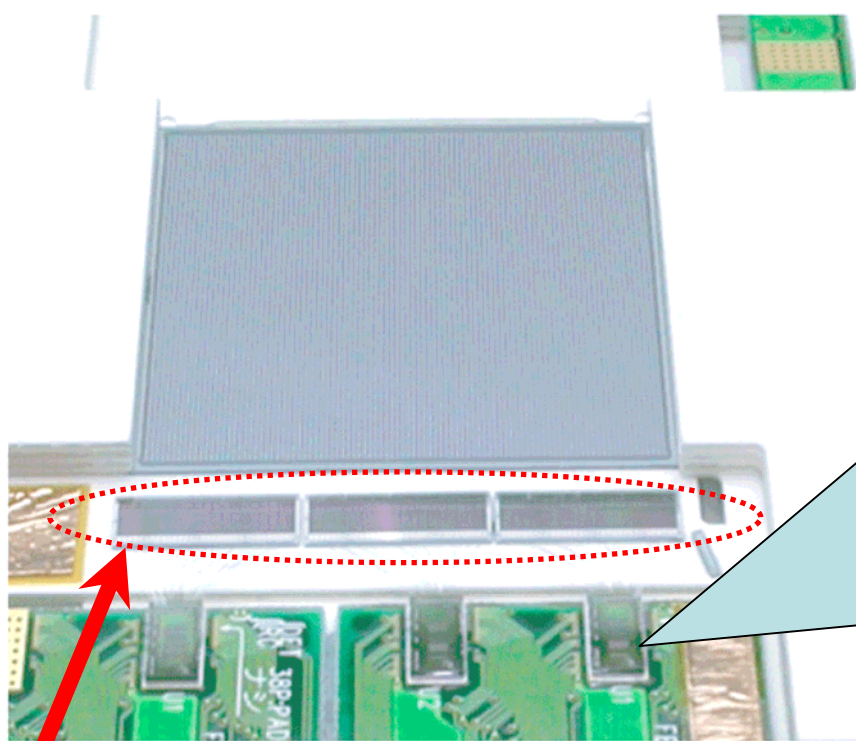
0.3mmと同等の結果が得られた

⇒素子として問題なし

→多ch同時読み出しの
セットアップ



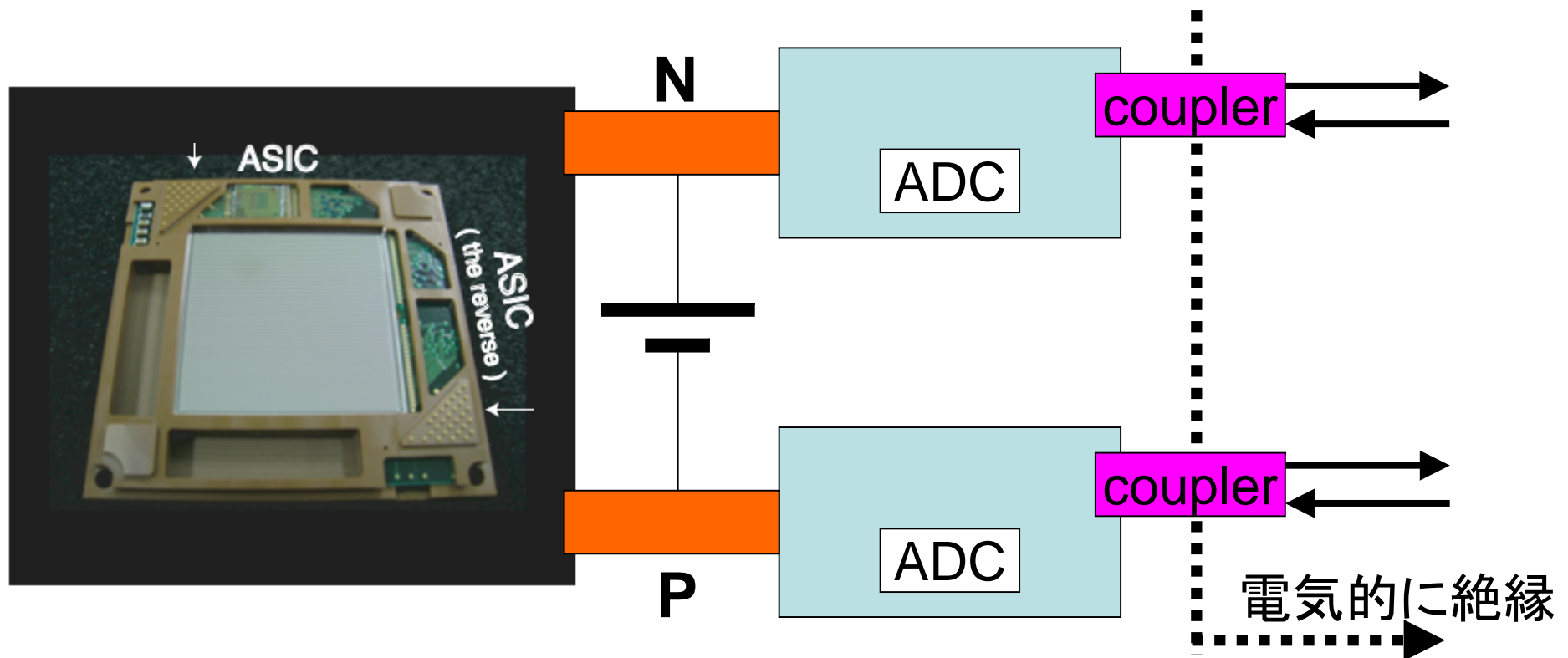
従来の多ch読み出し系 (RC-chipあり)



VA32TA: 多ch読み出し用ASIC
32ch分のトリガ、波高値を出力
低ノイズ: $\Delta E = (0.37 + 0.018 C) / \sqrt{\tau}$
低消費電力: 6.3mW/ch

RC-chip: Bias側でDSSDとVA32TA間をAC結合
→ "Bias側で信号の劣化"、"高いBiasに耐えられない"
0.5mm厚DSSDへ使用できない

Floatingを用いた読み出し系 (RC-chip無し)



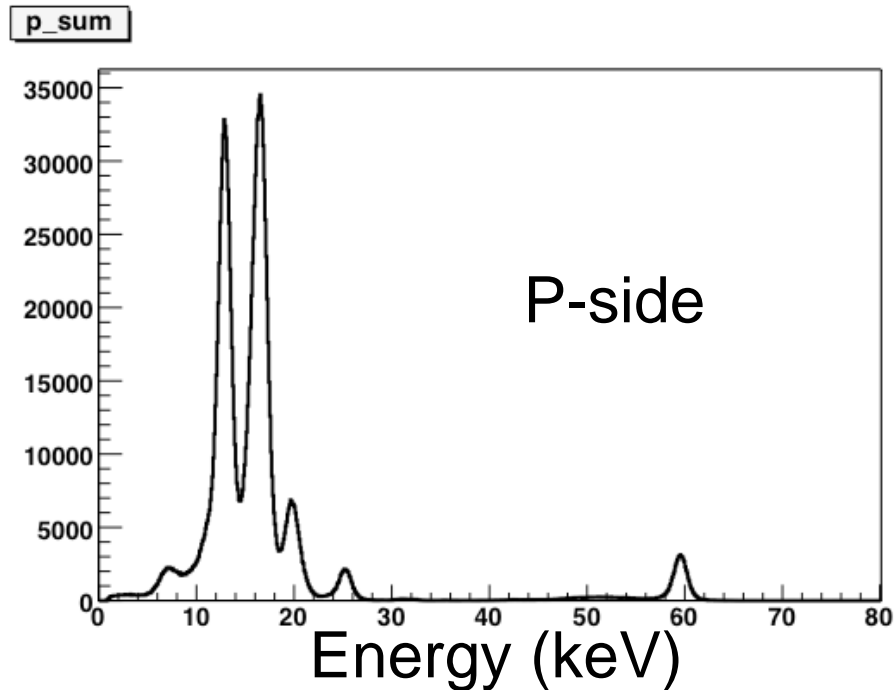
Floating: ASICのグラウンド=Bias電位

→DSSDのASICをDC結合する事で直接Biasをかける

⇒完全空乏化電圧下で多ch読み出しが可能

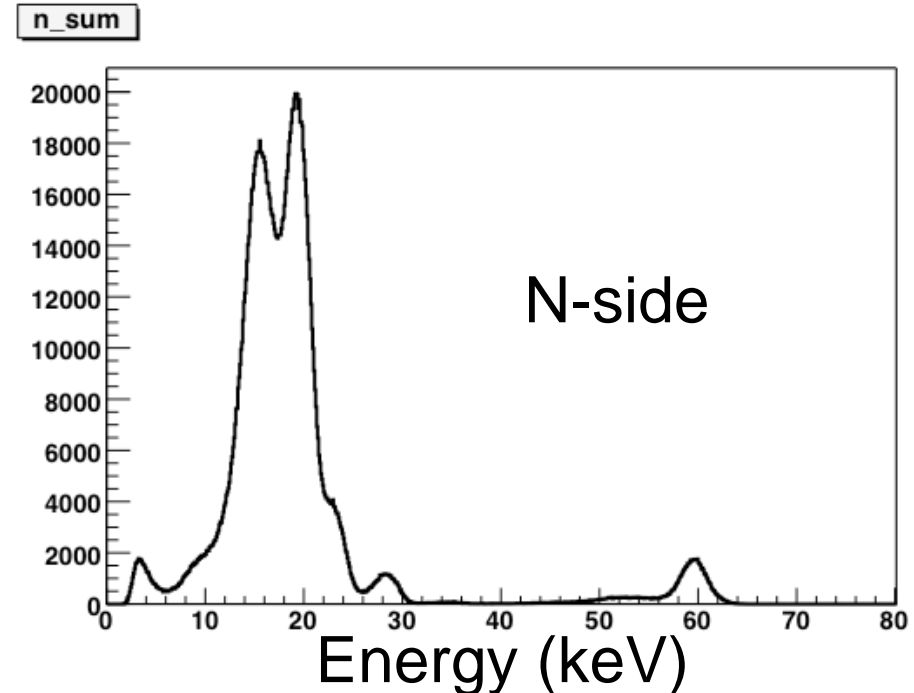
0.5mm厚DSSD多チャンネル同時読み出し

-20°C、Bias 200Vでの ^{241}Am の両側でのsumスペクトル



1.5keV FWHM @60keV

1.3keV(0.3mm厚)



3.0keV FWHM @60keV

3.6keV(0.3mm厚)

単体プリアンプでの読み出しでの分解能と合う
0.3mmDSSDと同等の分解能

結果

(1)0.5mmDSSD基礎特性に関して

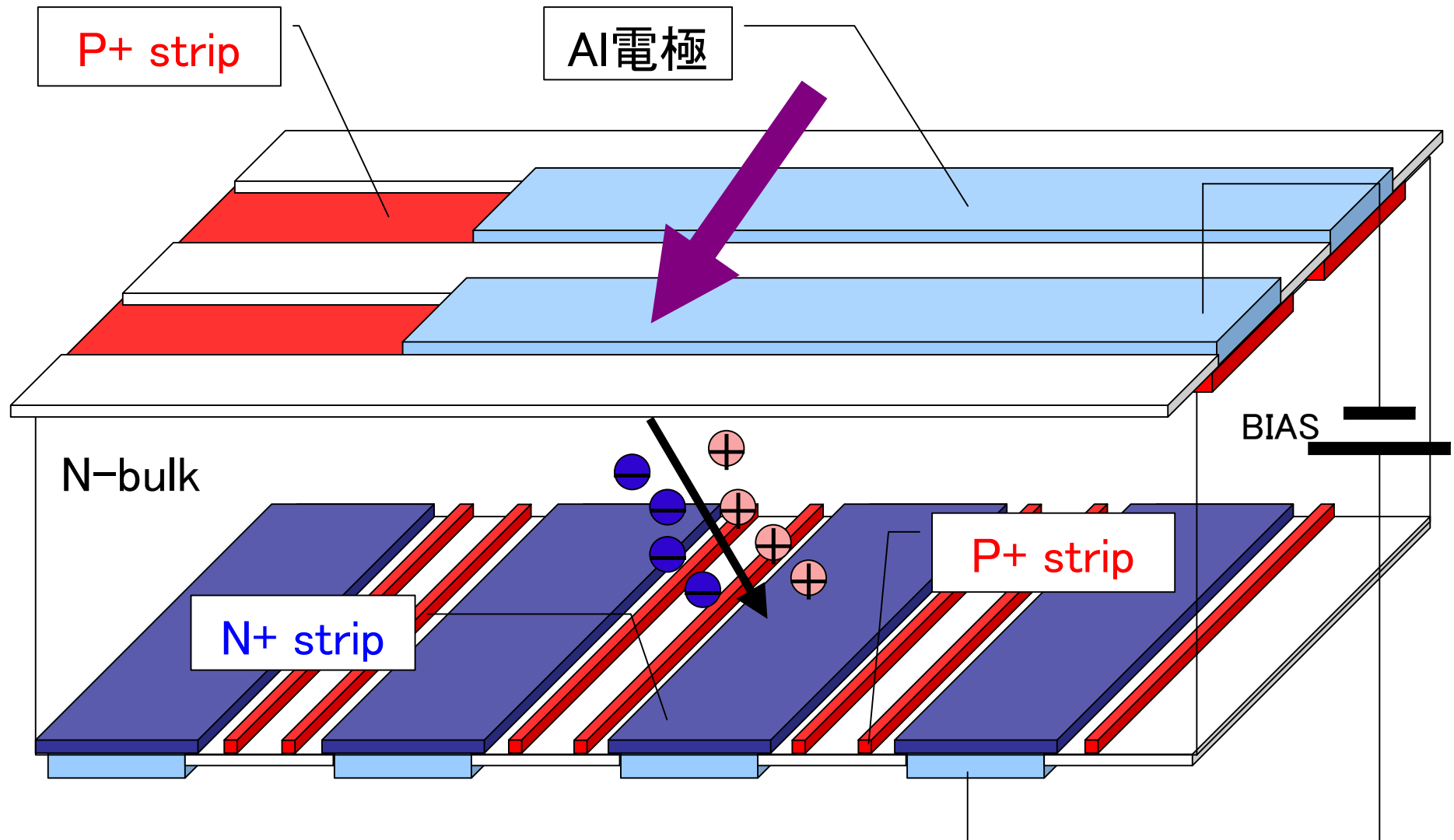
容量、リーク電流は厚みの増加に対して際立った問題は見られず、素子の厚みの増加が問題なく達成されている事を確認した。

(2)0.5mmDSSD多ch同時読み出しに関して

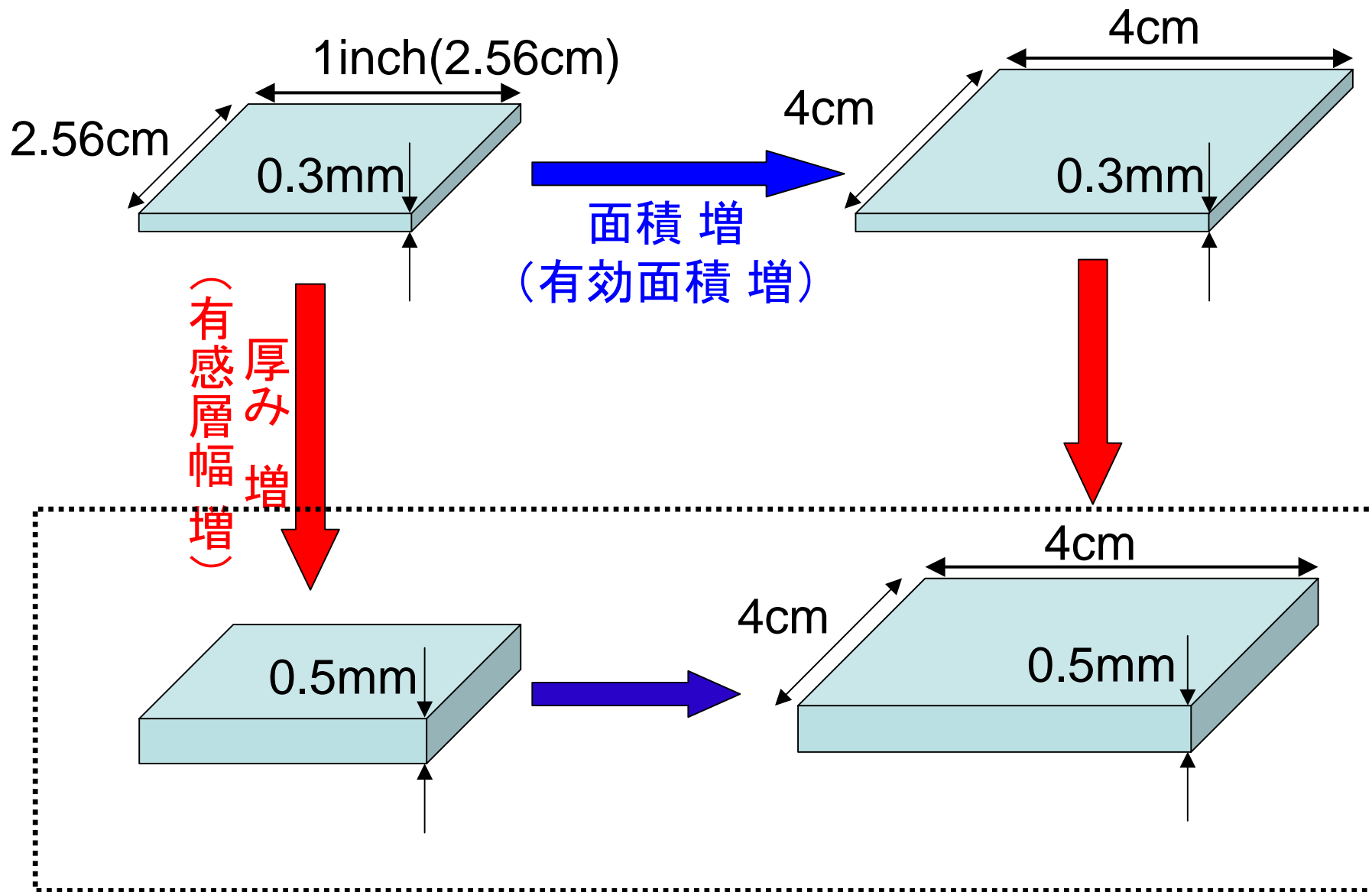
Floatingを利用した新たな読み出し系を使用しAmのスペクトルを取得、その結果0.3mm厚DSSDと同等のエネルギー分解能を達成した。

両面シリコンストリップ検出器の構造

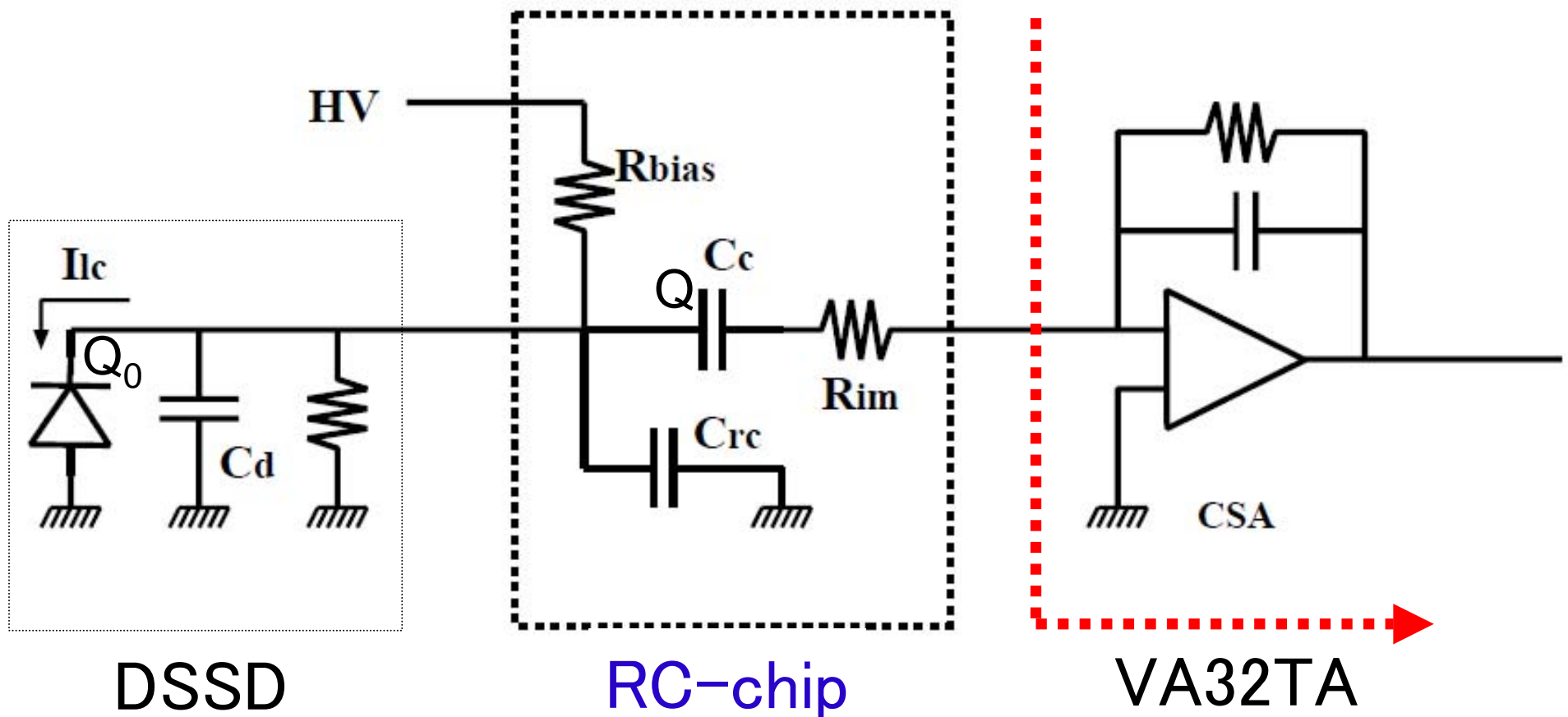
「Double Sided Silicon strip Detector (DSSD)」



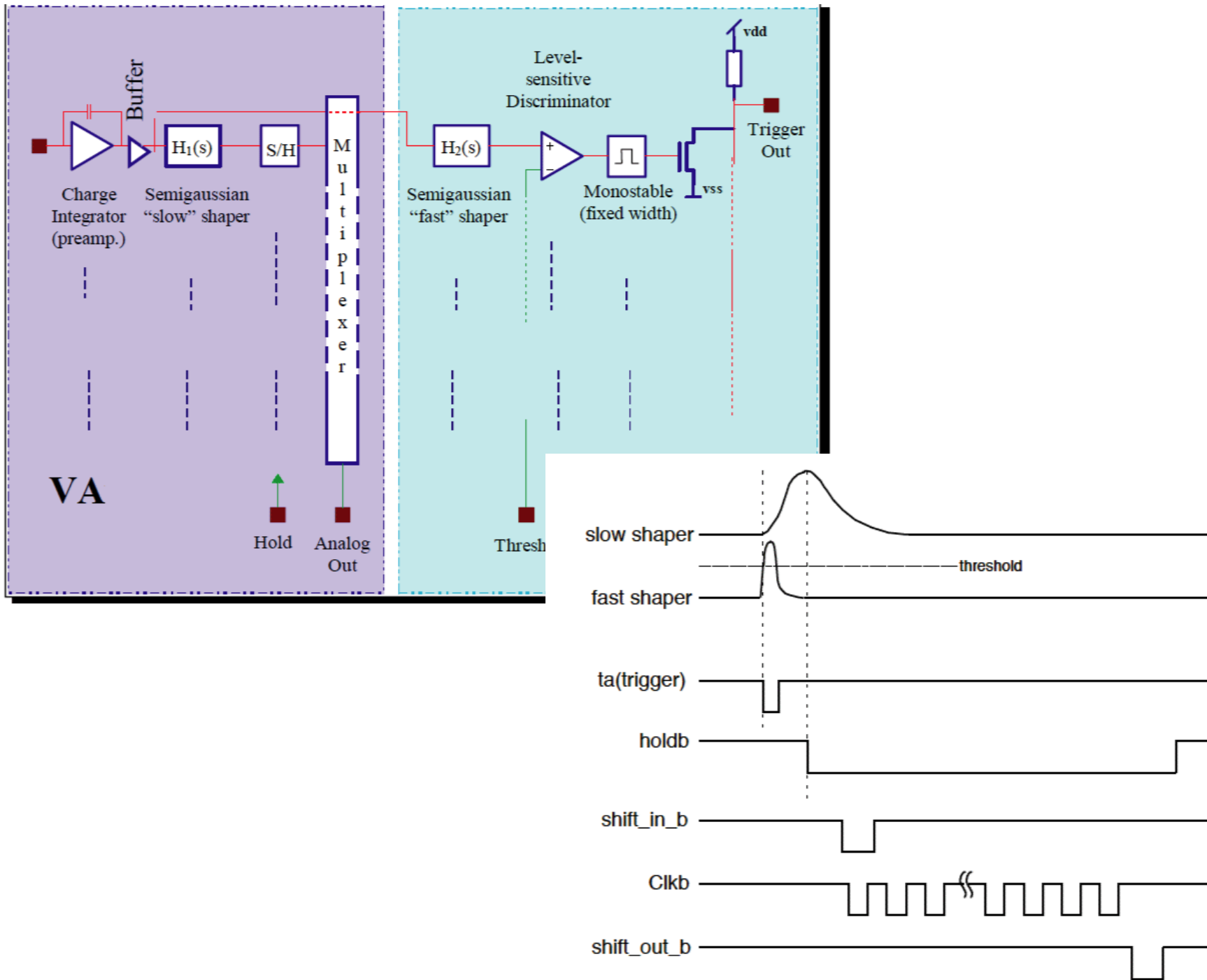
DSSD開発の方向性

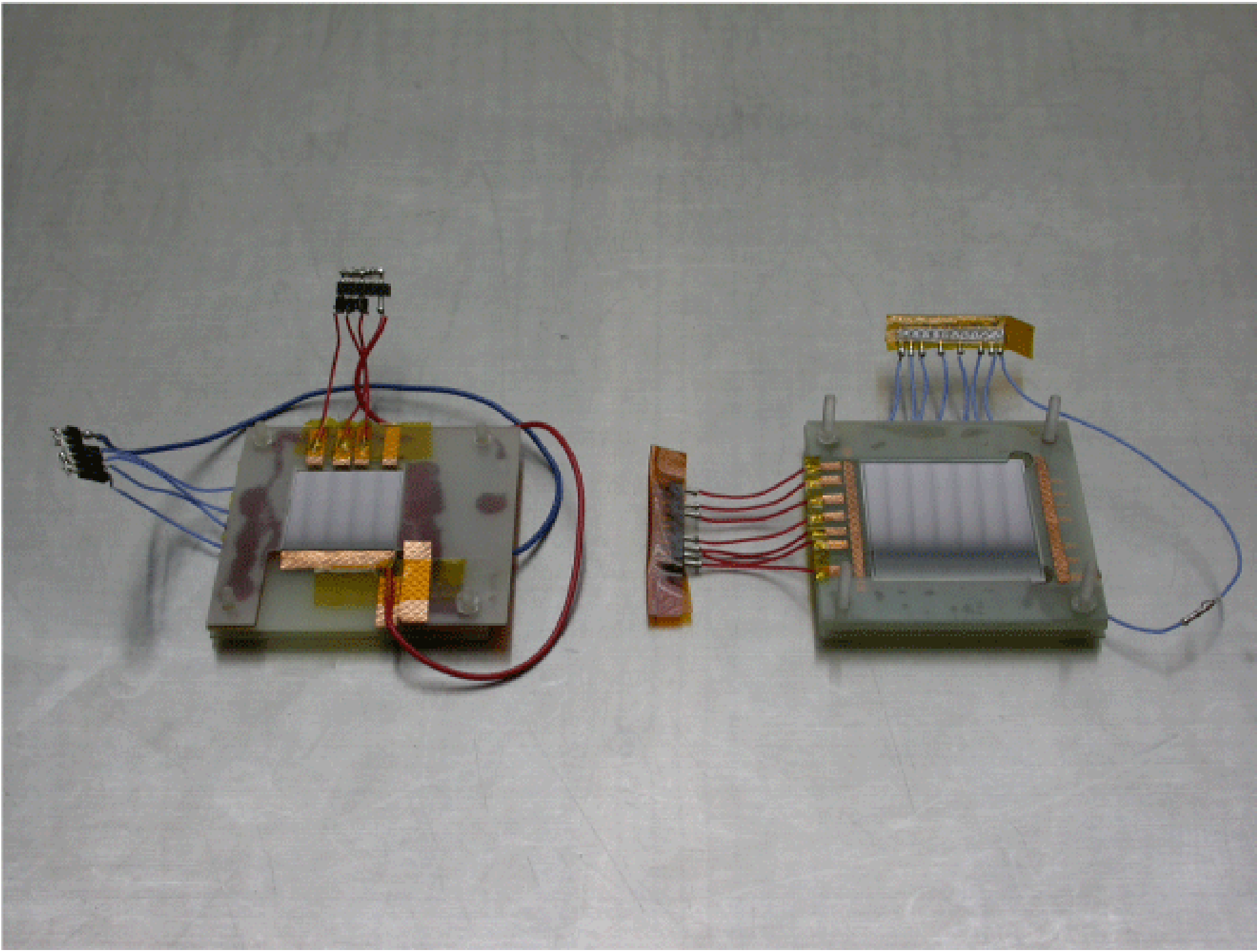


RC-chip : Bias側のCSAに直流成分が流れ込むのを防ぐ



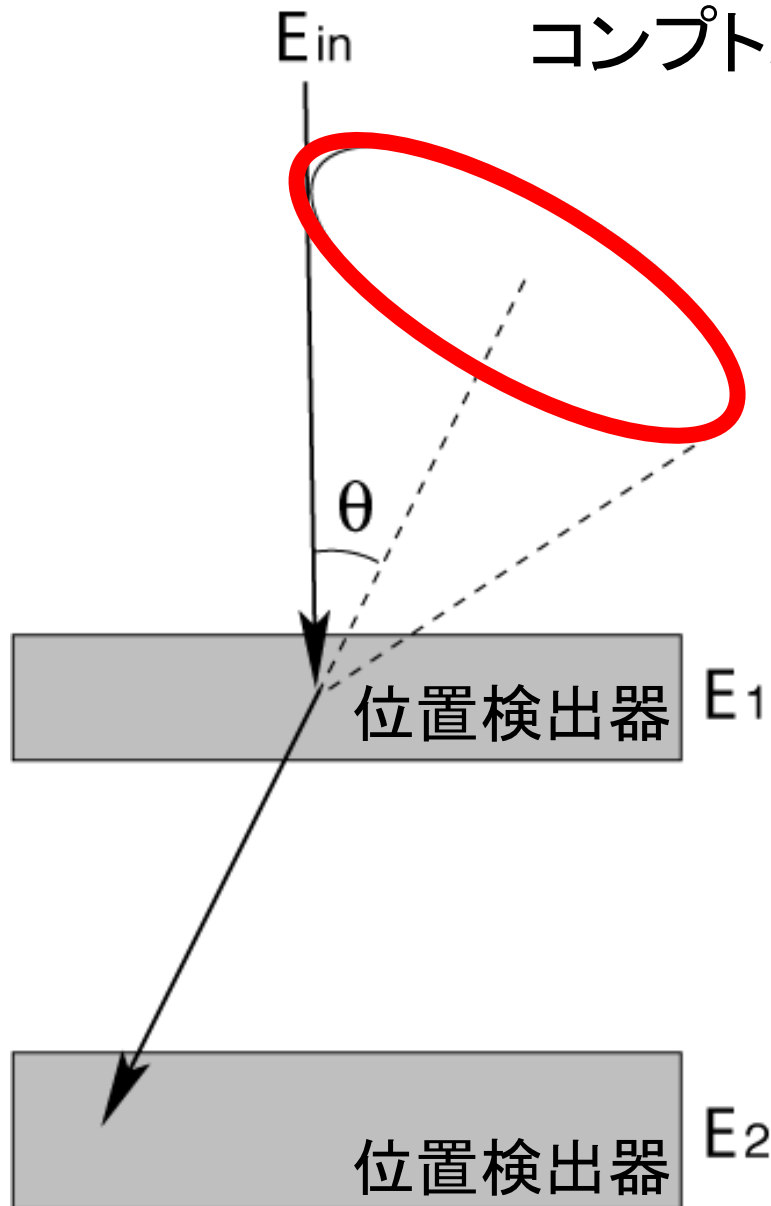
$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_0} = \frac{C_c}{C_c + C_d + C_{rc}} \Rightarrow \text{エネルギー分解能の劣化}$$





コンプトンカメラの概念

コンプトン散乱より光子の到来方向を制限



$$E_{in} = E_1 + E_2$$

$$\cos \theta = 1 - \frac{m_e c^2}{E_1} + \frac{m_e c^2}{E_1 + E_2}$$

角度分解能

⇒ Doppler Broadening

散乱物質内の電子の運動量により
散乱角が広がりが生まれる効果
普通の物質だと数deg

⇒ 角度分解能の限界