

# HL-LHCに向けた HV-CMOSセンサーの開発

第3回CiRfSEワークショップ, 2017年1月24日

大川英希

筑波大学 数理物質系・数理物質融合科学センター



## HL-LHCにおけるHV-CMOSセンサー



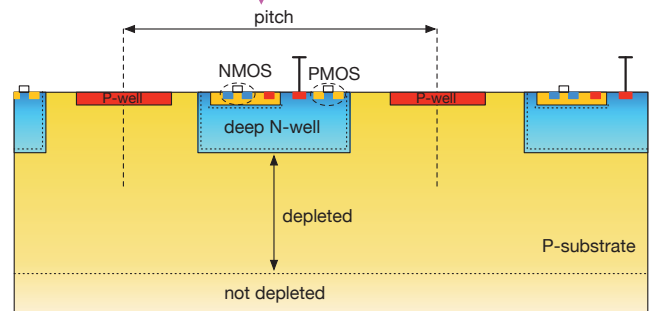
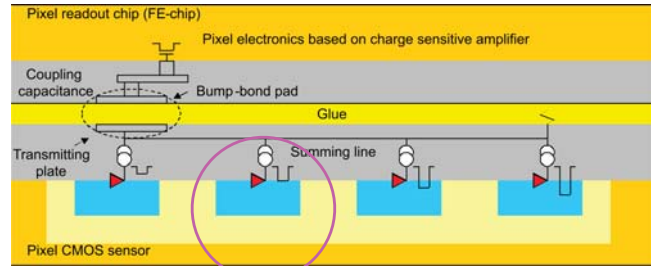
- CMOSを用いた、ITK Pixel upgradeの研究開発。Pixelの5層目あたりでの採用を目指している。
- 現在、HV-CMOS, HR-CMOS, SOIなど異なる技術を模索している、いくつかのグループに分かれている (参加研究機関・大学~20)。
- その中で、HV-CMOSテクノロジーを用いた、ジュネーブ大を筆頭とする共同研究グループに参加。AMS社のセンサーを用いて開発を行っている。



- 昨年11月に、照射サンプルのテストビームの結果を、arXivに提出。  
<https://arxiv.org/abs/1611.02669>

- Capacitively-coupled Pixel Detectors (CCPD)

*I.Peric, JINST 7 (2012) C08002*



- HV-CMOS市販品。
- Pixel内で、amplification/discriminatorが可能 (低ノイズ: 120 e, 低閾値: 600 e)
- 簡単な糊付けが可能 (<1 $\mu$ m epoxy層)。

- AMS H18 Process

- n-in-p, 厚さ 250 $\mu$ m, ピッチ125 $\times$ 33 $\mu$ m<sup>2</sup>
- 薄いため、materialが少なく、時間分解能も良い。

- 照射

- 中性子: JSI, Ljubljana ( $1 \times 10^{15}$ ,  $5 \times 10^{15}$  n<sub>eq</sub>/cm<sup>2</sup>)
- 陽子: Bernのサイクロトロン, 18 GeV ( $1.3 \times 10^{14}$ ,  $5 \times 10^{14}$  n<sub>eq</sub>/cm<sup>2</sup>)

- Capacitively-coupled Pixel Detectors (CCPD)

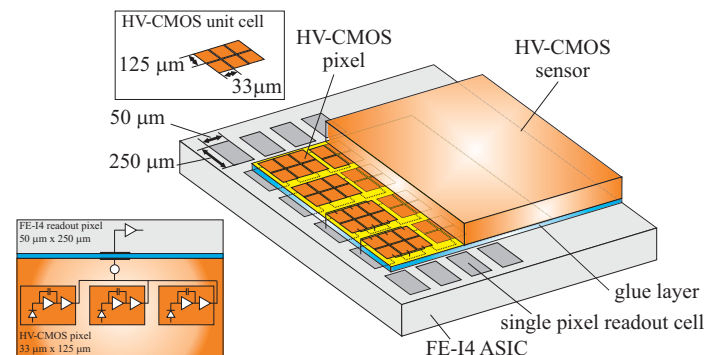
- HV-CMOS市販品。
- Pixel内で、amplification/discriminatorが可能 (低ノイズ: 120 e, 低閾値: 600 e)
- 簡単な糊付けが可能 (<1 $\mu$ m epoxy層)。

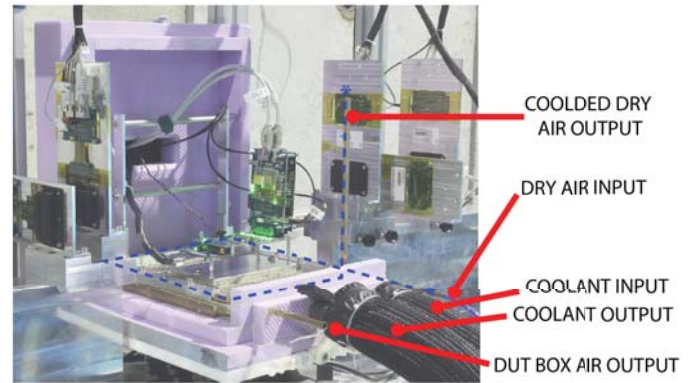
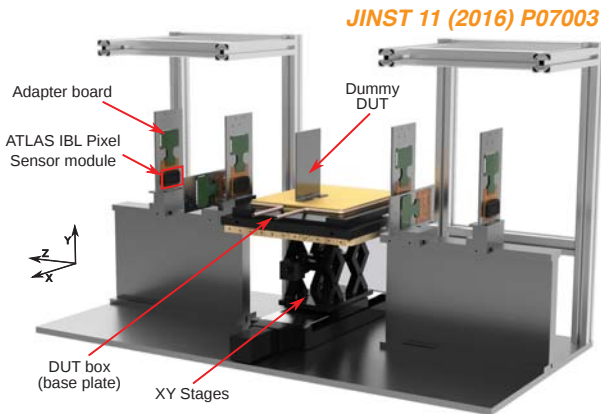
- AMS H18 Process

- n-in-p, 厚さ 250 $\mu$ m, ピッチ125 $\times$ 33 $\mu$ m<sup>2</sup>
- 薄いため、materialが少なく、時間分解能も良い。

- 照射

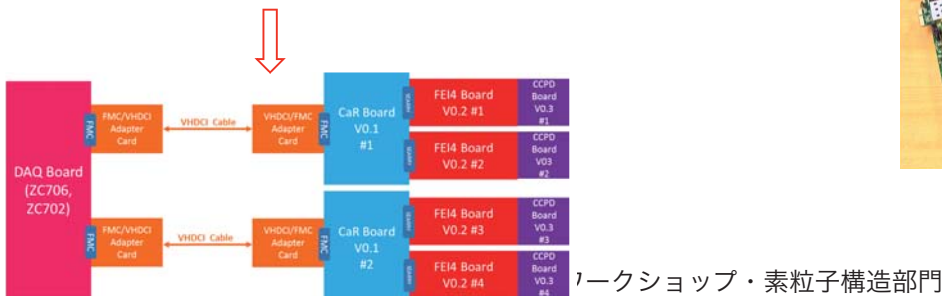
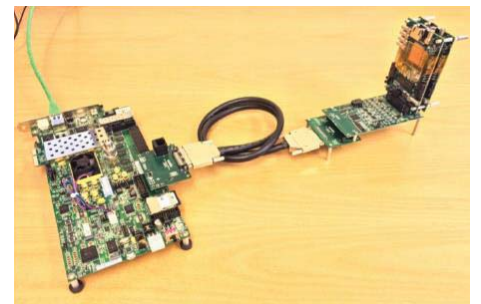
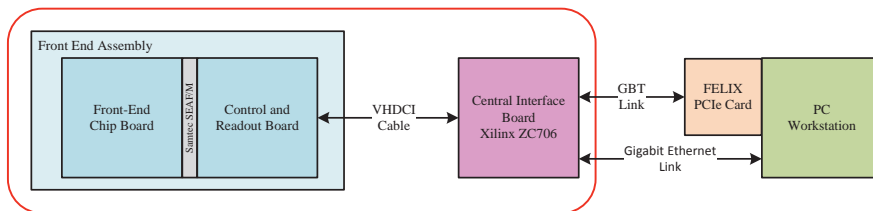
- 中性子: JSI, Ljubljana ( $1 \times 10^{15}$ ,  $5 \times 10^{15}$  n<sub>eq</sub>/cm<sup>2</sup>)
- 陽子: Bernのサイクロトロン, 18 GeV ( $1.3 \times 10^{14}$ ,  $5 \times 10^{14}$  n<sub>eq</sub>/cm<sup>2</sup>)

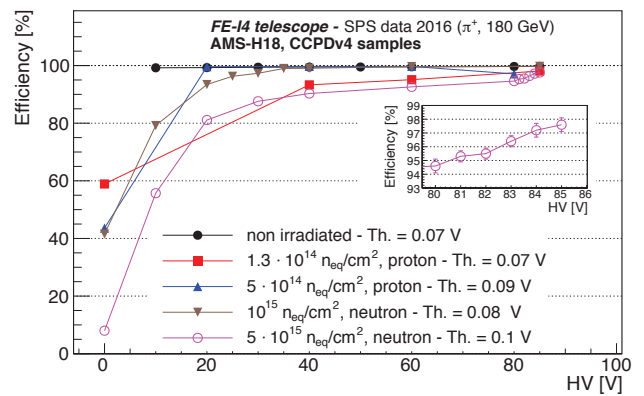
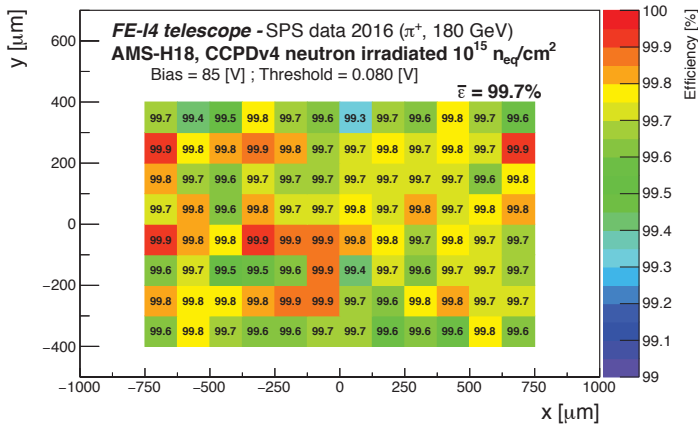




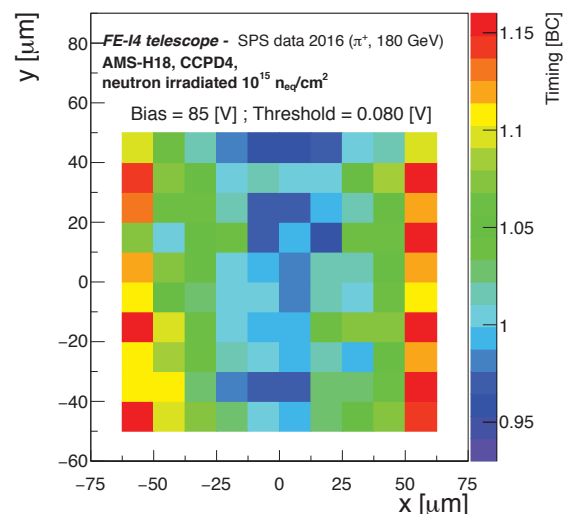
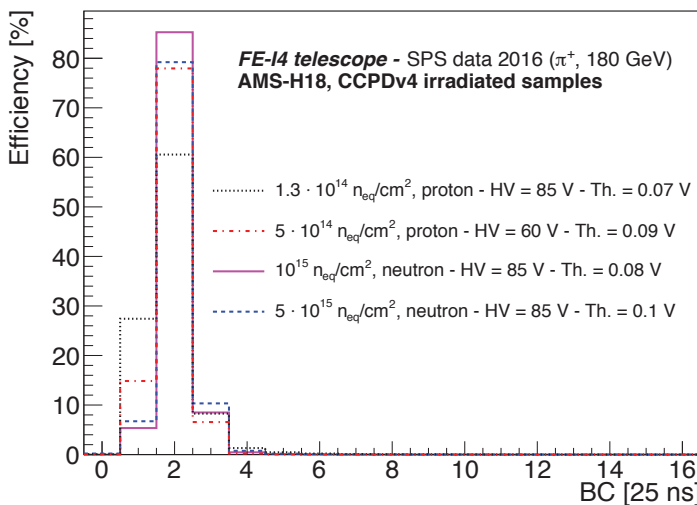
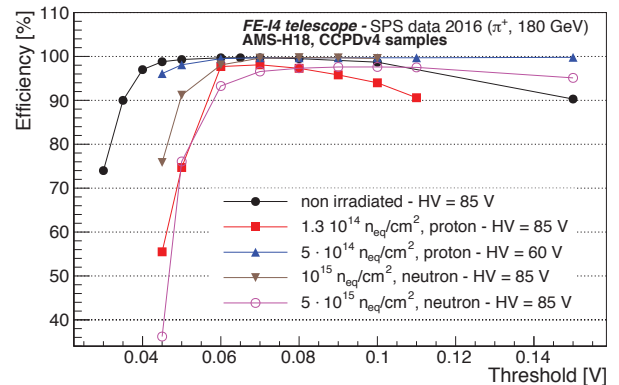
- ジュネーブ大は、FE-I4を使った自前のテレスコープを持っており、これを CERN SPSのテストビーム (180 GeV  $\pi^+$ ) で使用。
  - IBL module plane 6つ。 1 planeあたり~27,000 pixels (250x50 $\mu$ m,)
  - 位置分解能: ~12 x 8 $\mu$ m.
- Cooling boxは、右図のものを使用 (-28°C 窒素, CCPD -28.7°C, Readout chip -26.9°C)。シミュレーションで、ボックス内の温度分布を評価するなど、詳細なチェックが行われた。

- 現在、チーム内でいくつかのreadout system (BNL/Geneva, IFAE, Liverpool) が存在。
- ブルックヘブン国立研究所とジュネーブ大が開発しているのが、CaRIBOu (Control and Readout Itk BOard)システム (*JINST (2017)12 P01008*)
- この開発研究に加わり、現在、ソフトウェアのフレームワークなどを確認中。



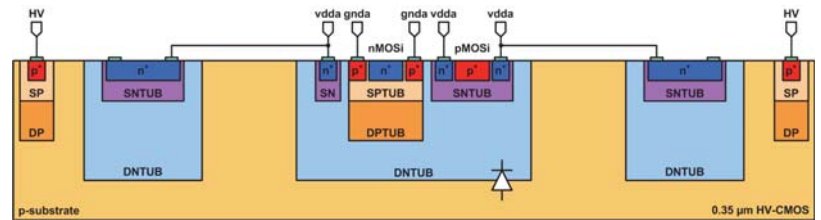


- 照射後も、高いヒット効率を維持。
- Thresholdが低いと、ノイズの大きい pixelが増え、マスクが必要になるために、効率が落ちる。
- Thresholdが高いと、ヒットが抑制される。



- タイミングについては、まだ改善が必要 (1バンチクロッシング内に入るものが、99%という性能要求)。
- テレスコープのトリガーについても、もう少し調整が必要。

- 今年度から、ジュネーブ大・ブルックヘブン国立研究所・その他による、ITK Pixel upgradeのためのHV-CMOSセンサーの開発研究チームに加わった。
- 照射後のサンプルのテストビームにも参加。
- AMS H35 processについても試験している。
- 現在、ブルックヘブン国立研究所が開発を進めるReadoutの開発に加わり始めている。



**backups**

JINST 11 (2016) P07019

arXiv:1611.02669

