

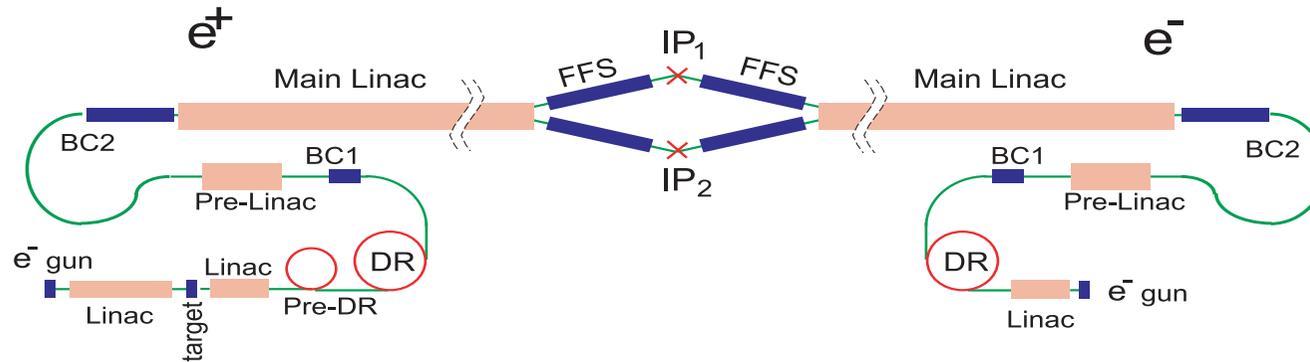
Calorimeter with MPPC

- Fine segmented calorimeter with MPPC readout -

伊藤 さおり (信州大学), GLD カロリメータグループ
第2回 次世代光センサーに関するワークショップ
2006.12.7-8 @浜松

- GLDカロリメータにおけるMPPCの役割
- ビームテストに向けて

ILC (International Linear Collider)



■ e⁺e⁻衝突型線形加速器

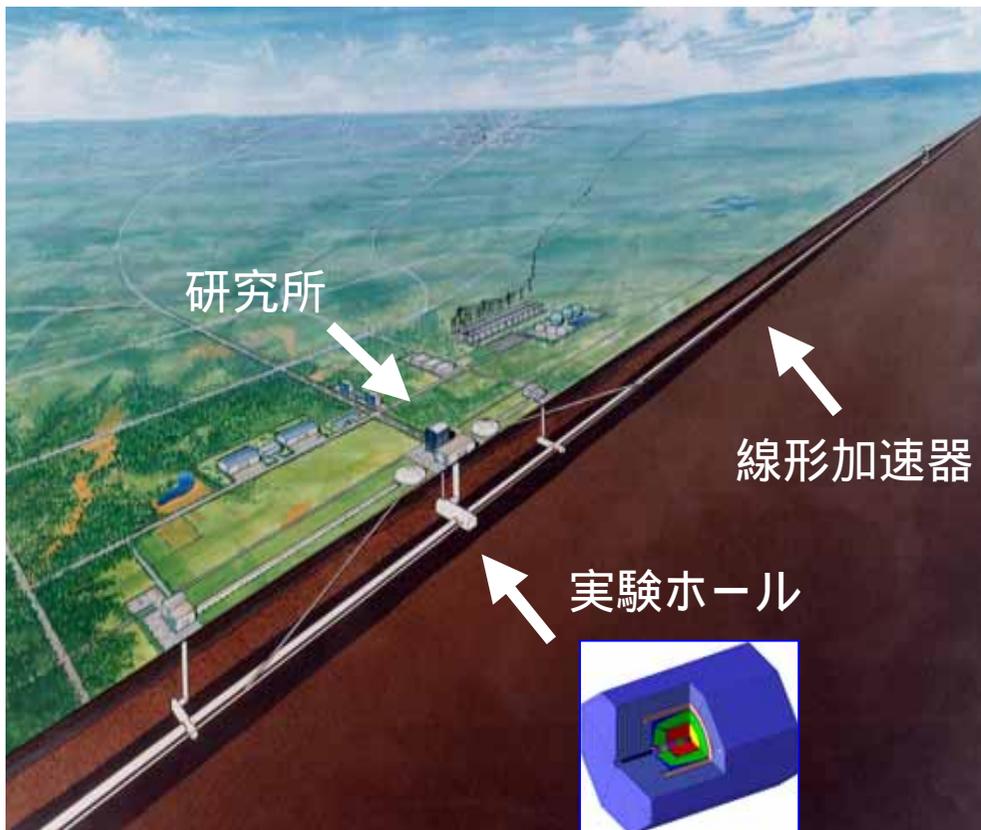
■ 全長 : ~ 30 km

■ 重心系エネルギー : ~ 500 GeV 1 TeV

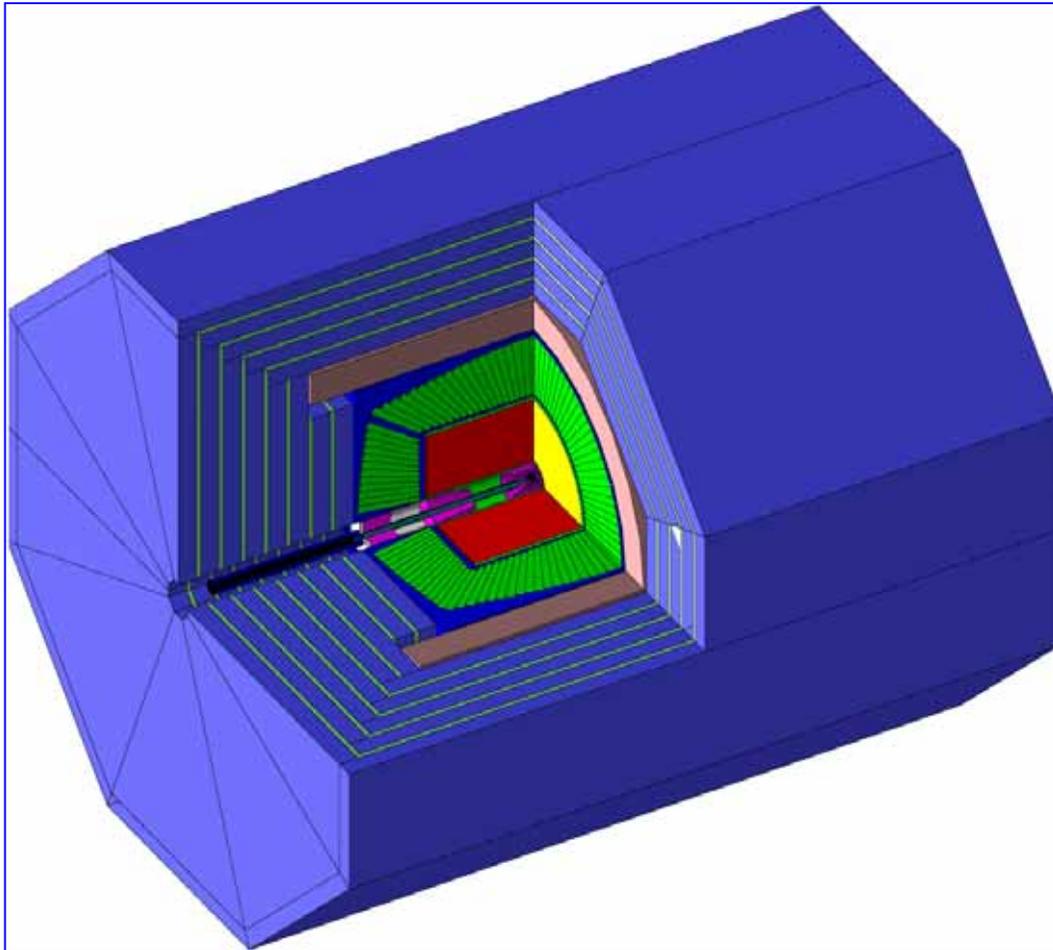
■ ビーム輝度 : $> 2.5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

■ 10年以内の実験開始を目指している。

■ Higgs粒子・超対称性粒子などの発見と精密測定を目的とする



GLD Detector



- 重さ約10000トン
- 衝突点をほぼ全角度覆う
終状態の精密測定
- Higgs、SUSYの終状態に現れる
ジェットのエネルギーを精度よく
測定する
ジェット測定は元の基本粒子
(クォーク、ウィークボソン)の同定

紫: バーテックス検出器

赤: 飛跡検出器

(荷電粒子の運動量測定)

緑: カロリメータ(エネルギー測定)

灰: 超伝導磁石(3Tesla)

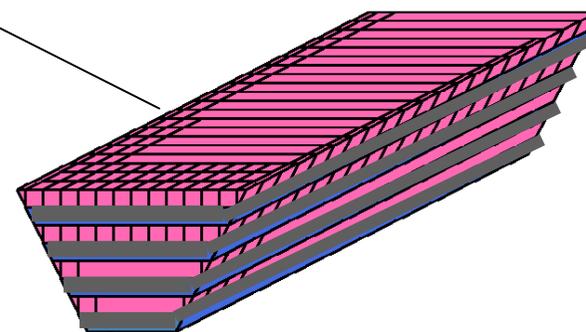
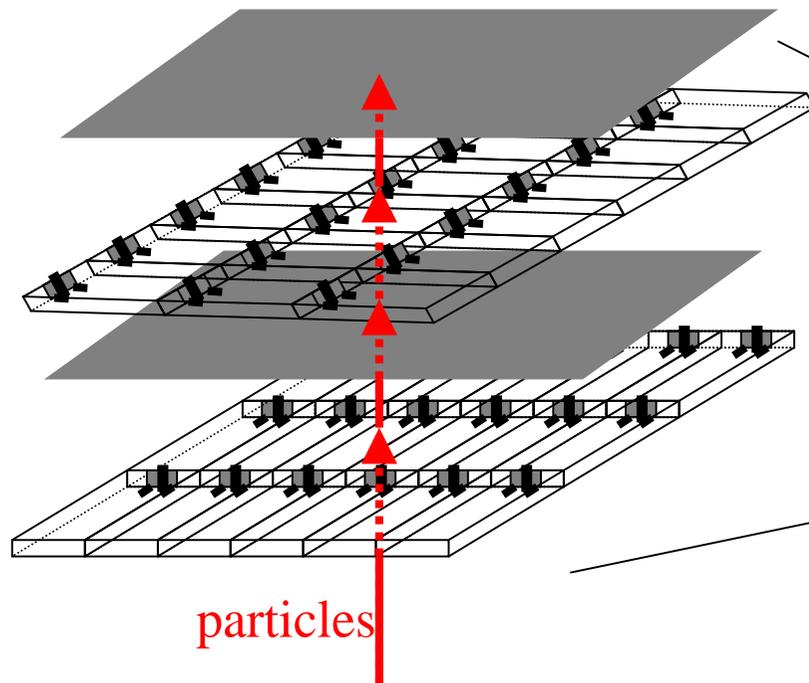
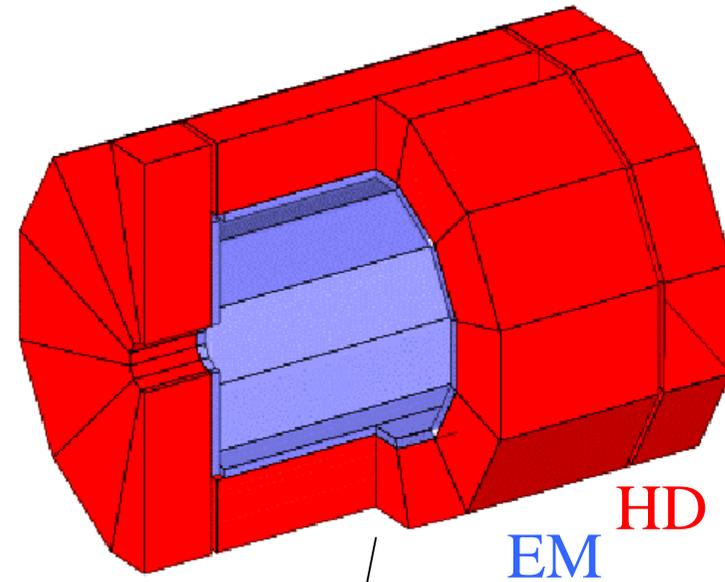
青: ミューオン検出器

GLD calorimeter

- タングステン+シンチレータ (EM部)
鉛or鉄 + シンチレータ(HD部) の
サンプリング型カロリメータ
- 3 Teslaの磁場中に置かれる
- カロリメータ内での π^0 や K_L^0 の同定が要求される

細分化された構造が必要

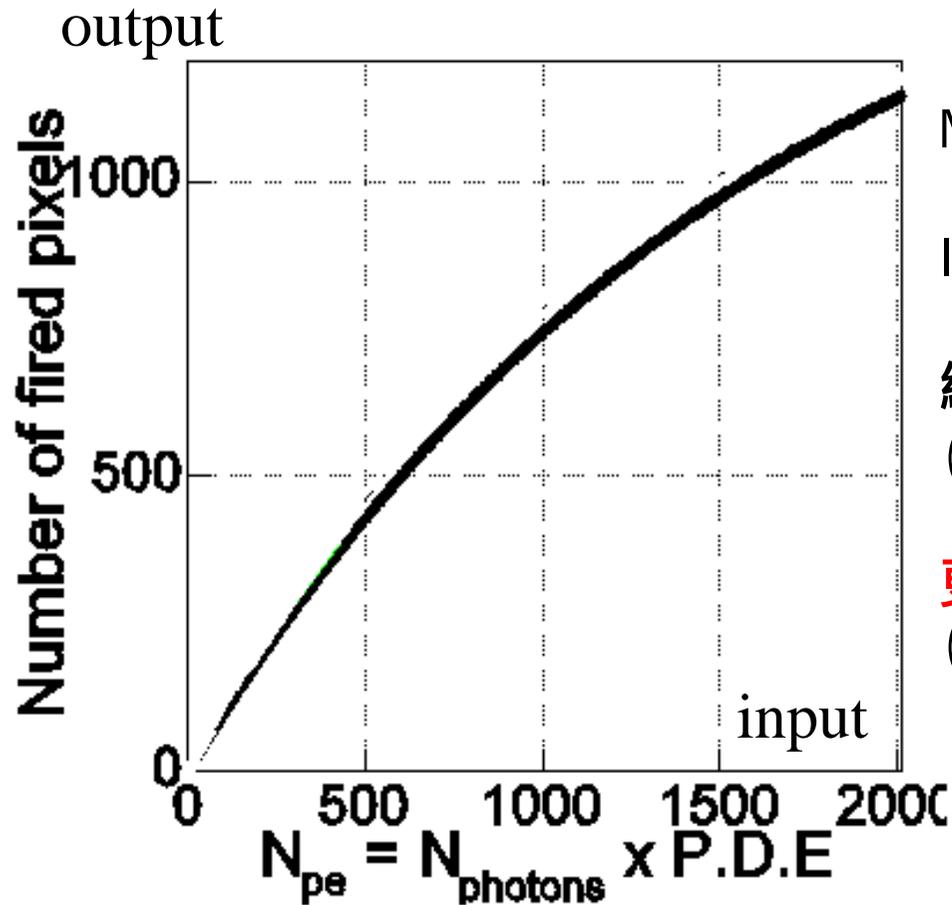
- 超小型シンチレータにより実現。
- 合計10Mチャンネルの読み出しが必要



Why MPPC for the GLD calorimeter ?

- コンパクト
超小型シンチレータ : $1 \times 4 \times 0.2 \text{ cm}^3$
- 磁場中で動作可能
3Tの磁場中で使用しなくてはならない
- 安価
膨大なチャンネル数 (10M)
- PMT並みの性能を持つ

Problem : The MPPC is non-linear device



MPPCのピクセル数によるサチュレーション

Inputに対してoutputが線形でない

線形性・エネルギー分解能に影響
(カロリメータにとって好ましくない)

更にピクセル数を増やす必要がある
(現在 1600ピクセルが最大)

Beam tests

Plan for two beam tests

- Construct EM calorimeter prototypes with MPPC readout.
- Check actual performance with various particle beams.

(1) Beam test @ DESY (2007. Feb-Mar)

Using e^+ beam (1 – 6 GeV)

**Linearity / Energy resolution /
Spatial resolution of EM shower**

(2) Beam test @ Fermilab (2007 - 2008)

Using e^- , π^- , μ^- , K_L^0 beams

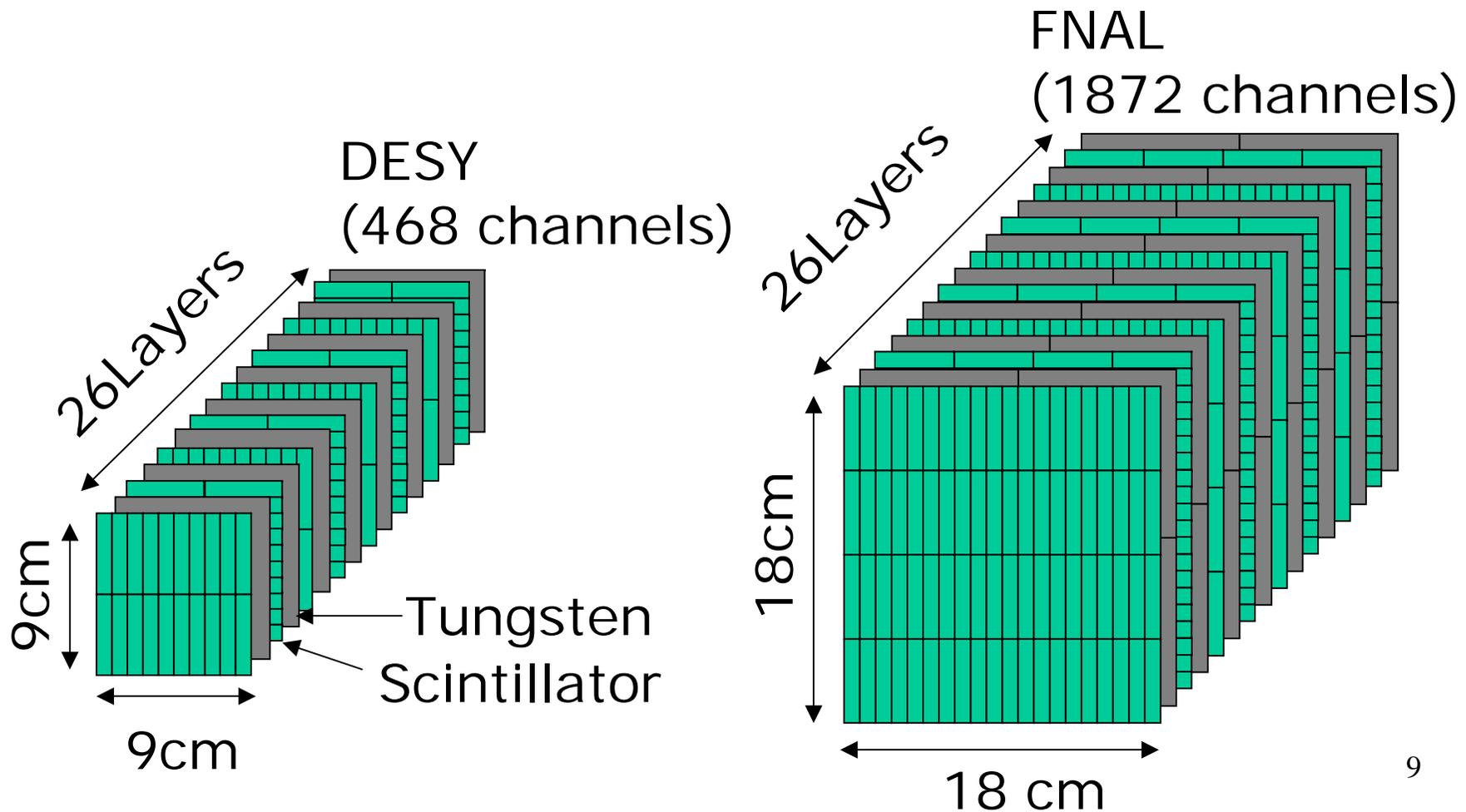
π^0 reconstruction in multi particle injection

EM calorimeter Prototypes

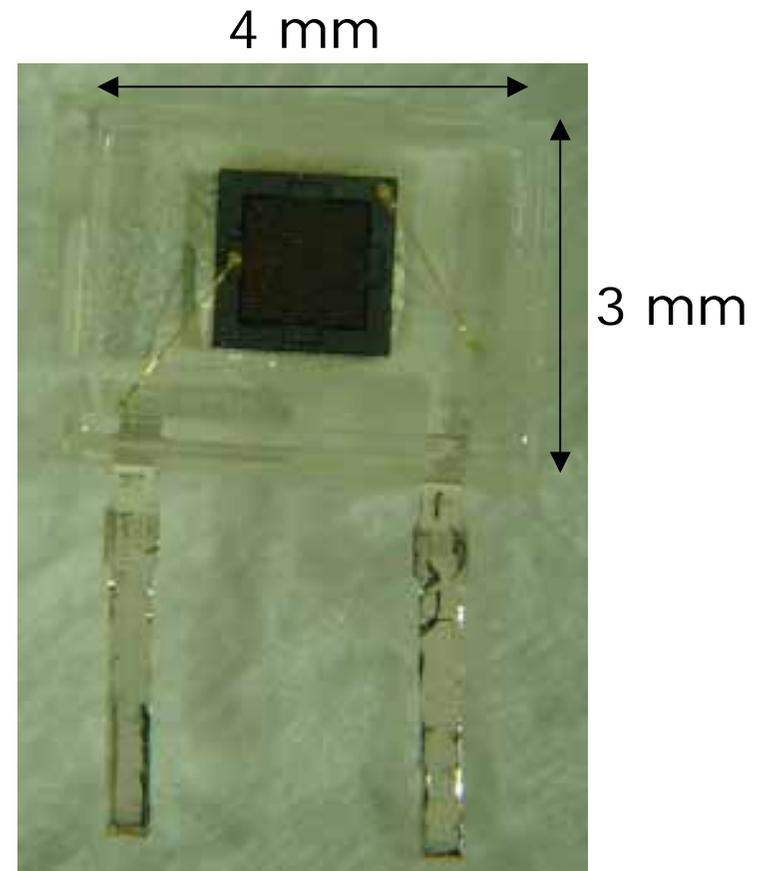
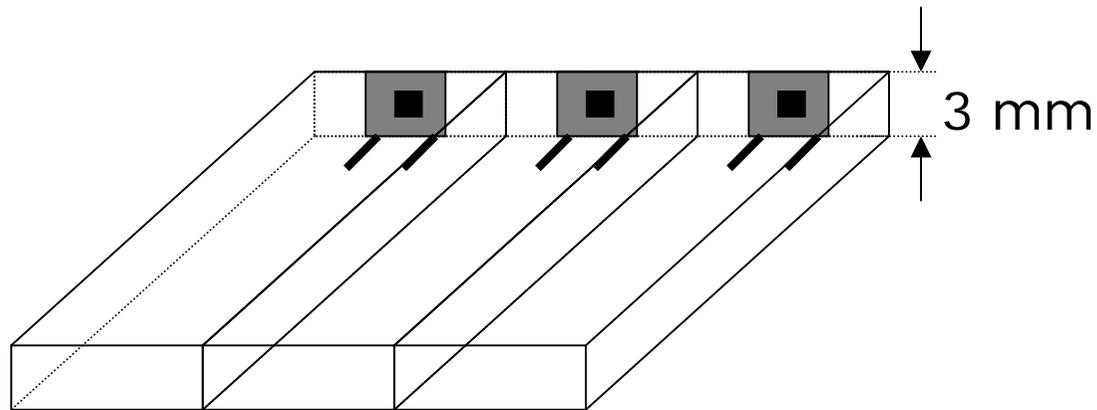
Thickness : Tungsten = 3.5 mm Scintillator = 3 mm

Strip size : 1 cm (width) x 4.5 cm (length)

Number of layers: 26 ($18 X_0$)



1600-pixel MPPC for the beam tests



- This package is suitable for attaching to the scintillator strip

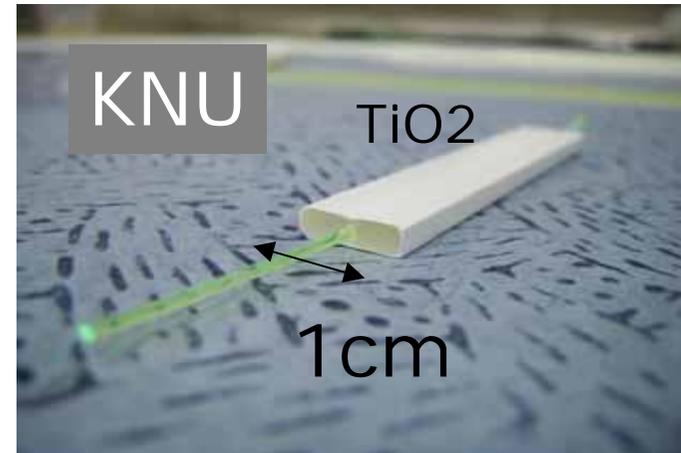
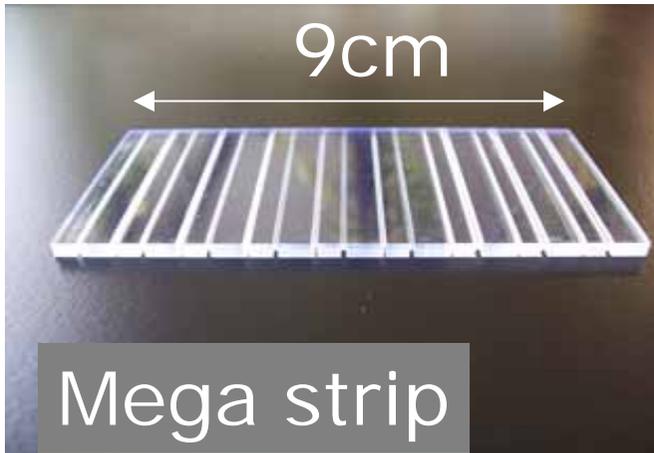
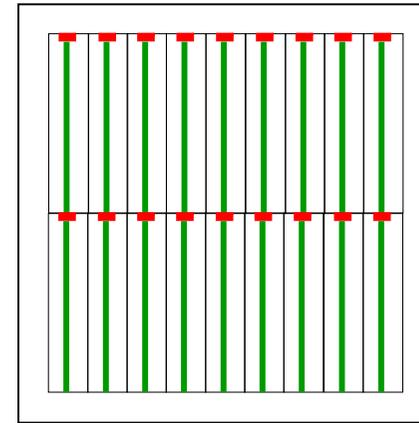
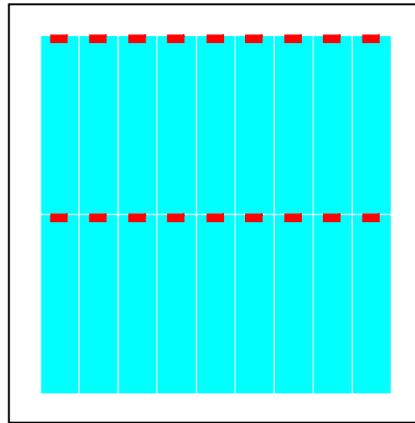
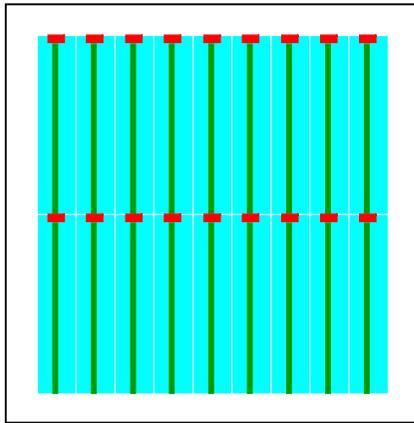
Thickness 1.3 mm
Active area 1 x 1 mm²

- 500 MPPCs will be delivered soon.

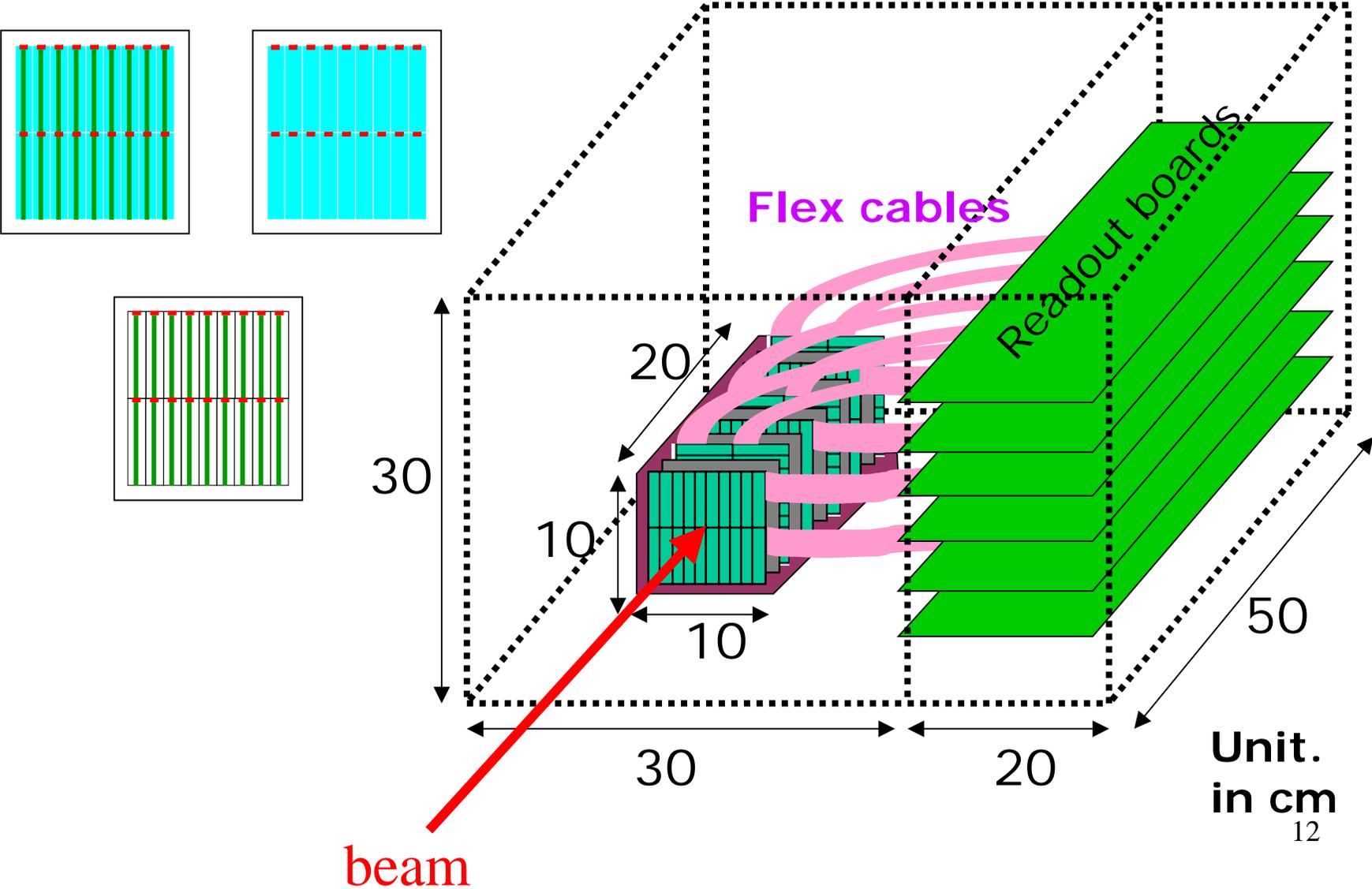
3 types of Scintillator layers

MPPC

WLSF

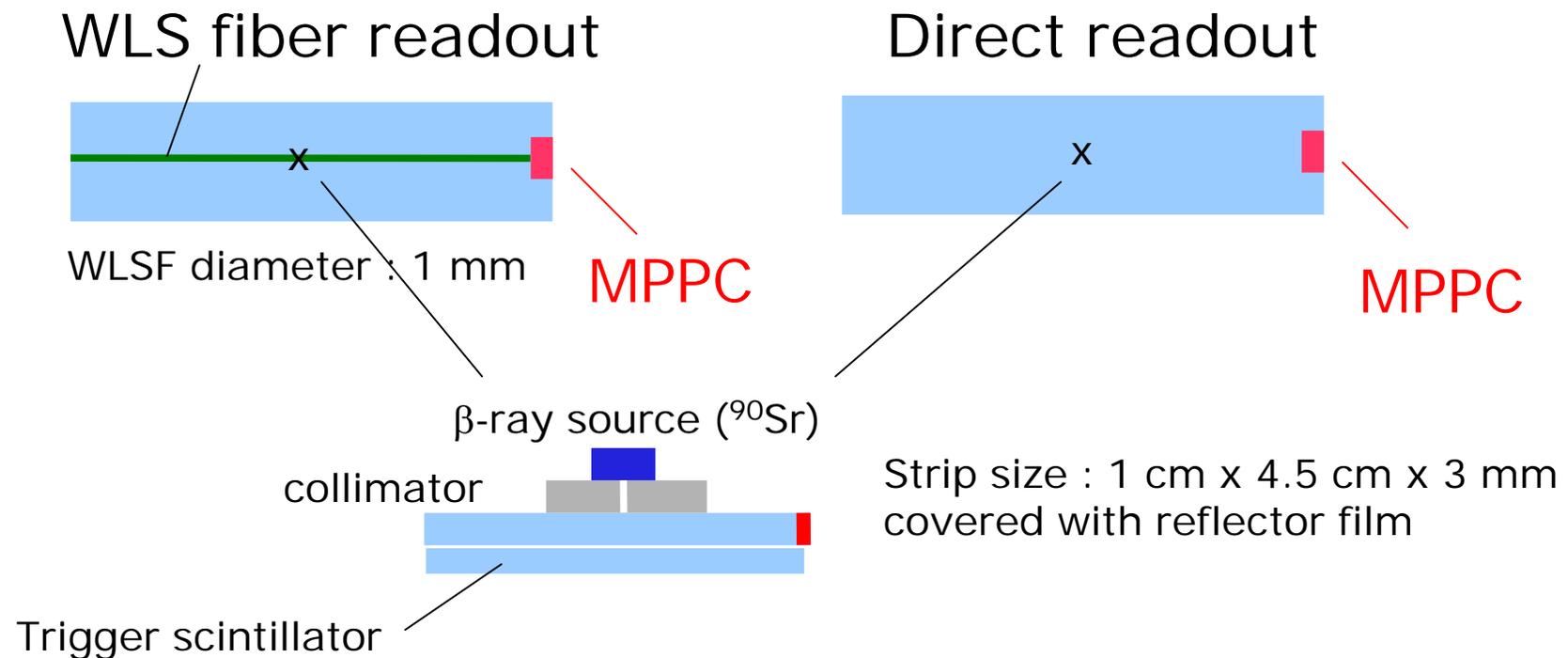


Setup of the beam test @ DESY

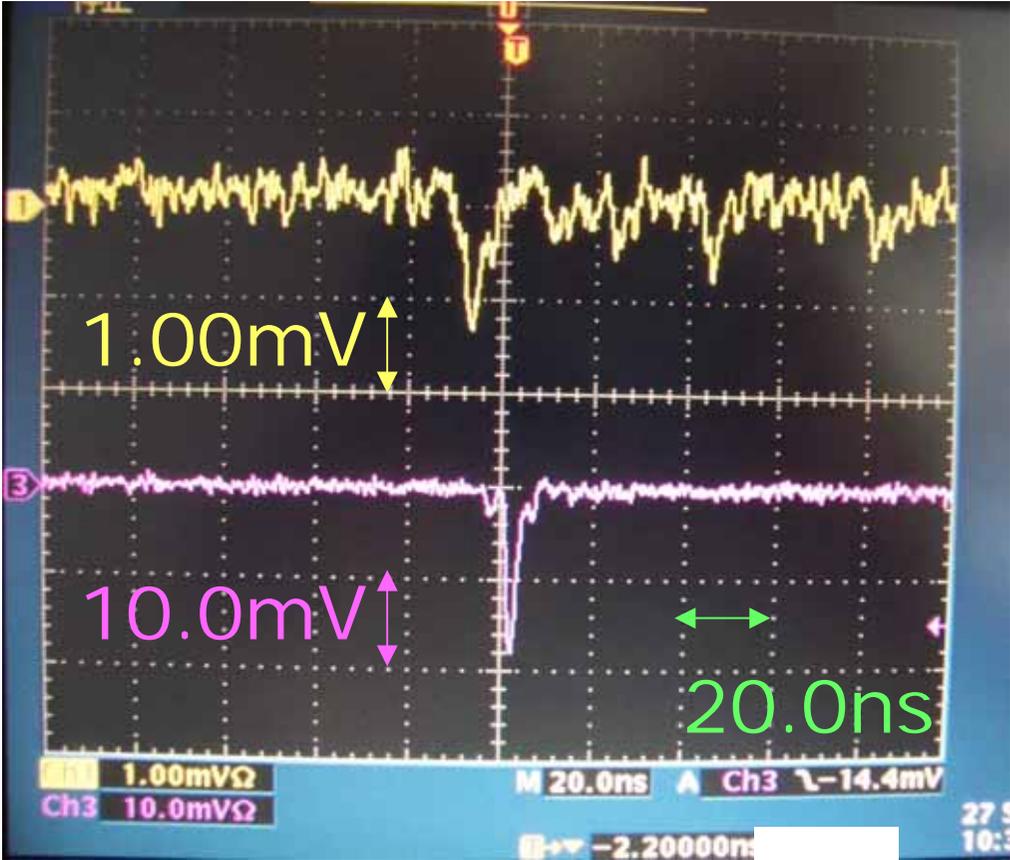
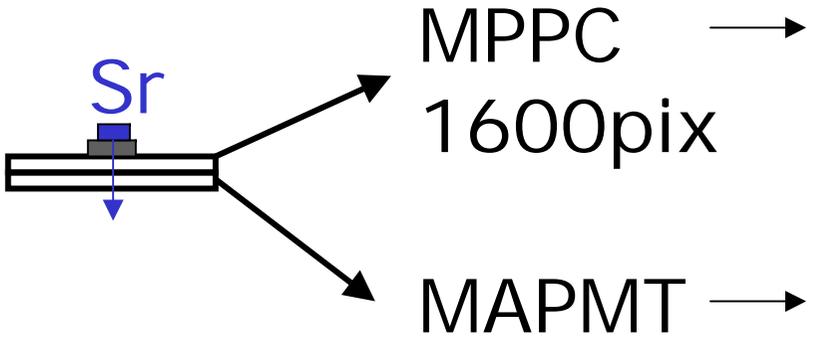


Light yield measurement of the scintillator strip using the new MPPC

- Measure light yield with the MPPC
- Comparison between WLS fiber readout and Direct coupling

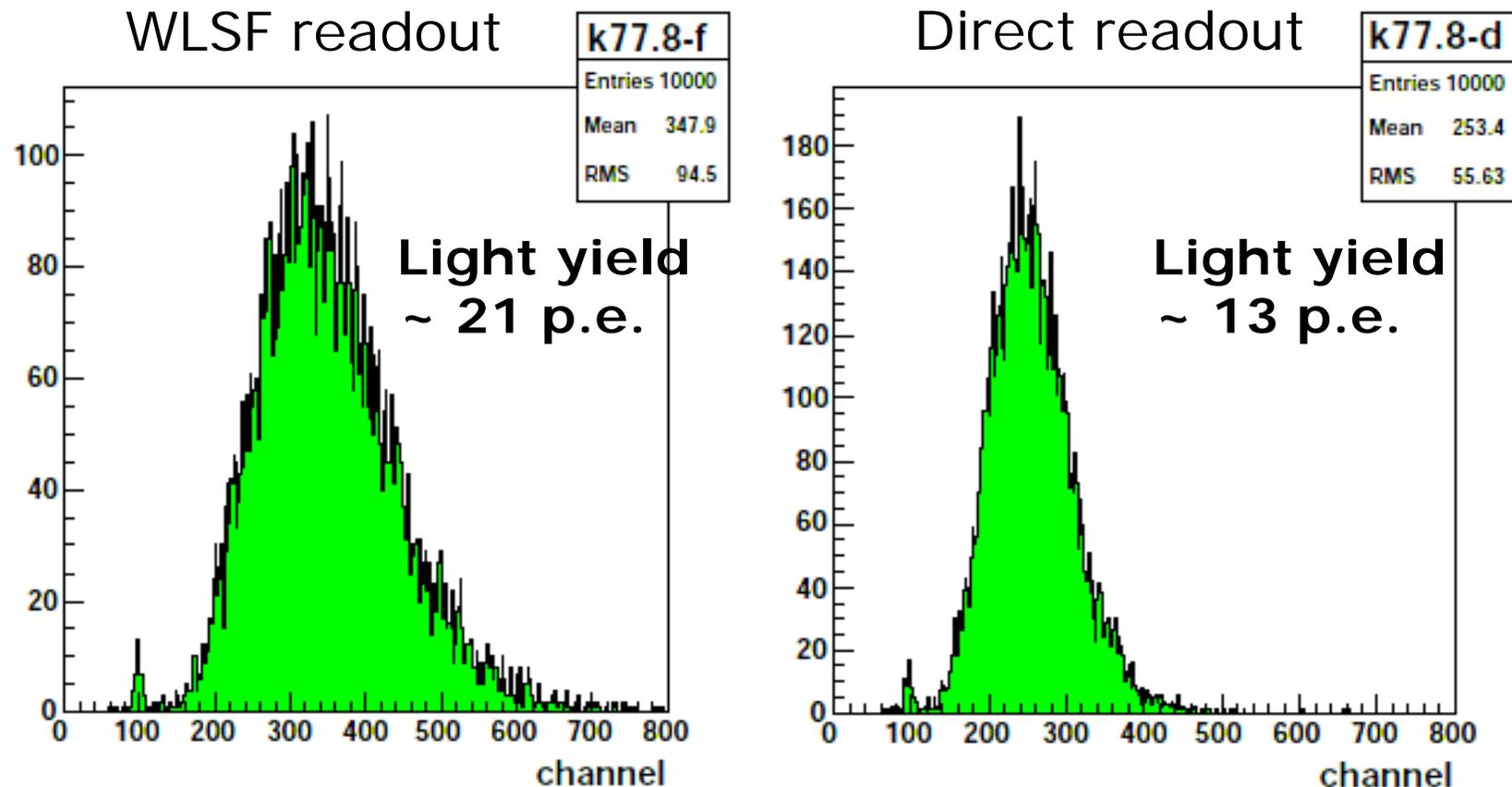


Signal of MPPC



Light yield for beta-ray

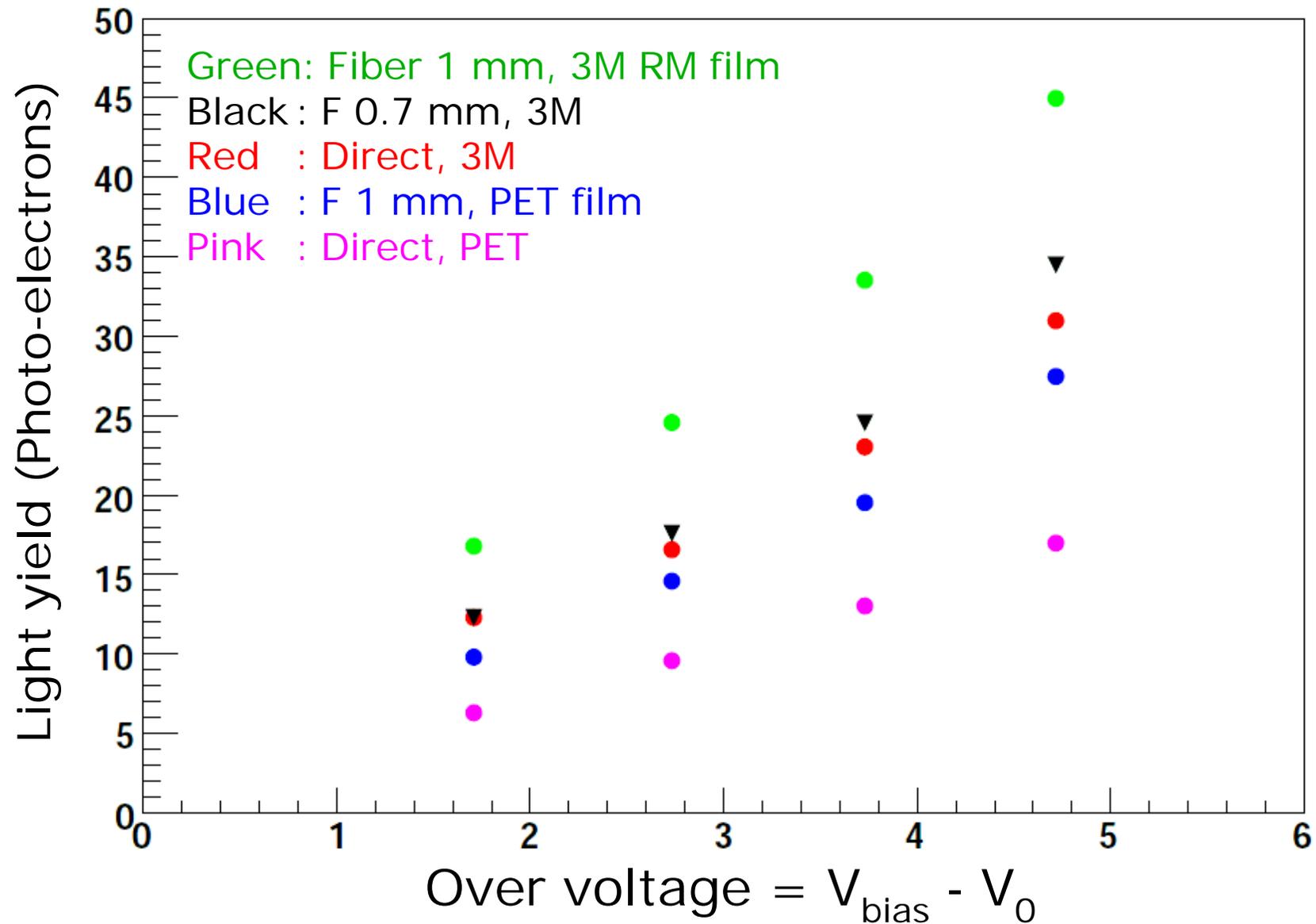
Bias voltage : $V_0 + 2.1$ V
Temperature : 25 °C



Observed light yield is sufficiently large.

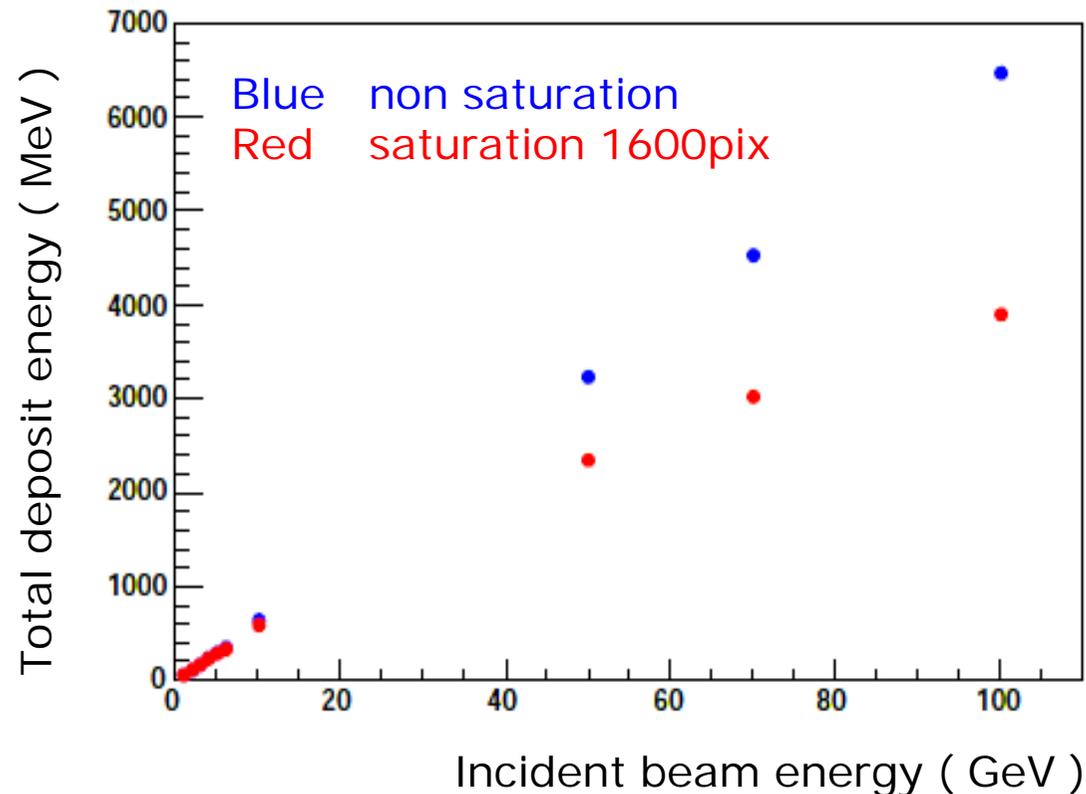
Direct readout shows ~60 % light yield of the WLSF readout¹⁵

Light yield v.s. Over voltage



We can control the light yield

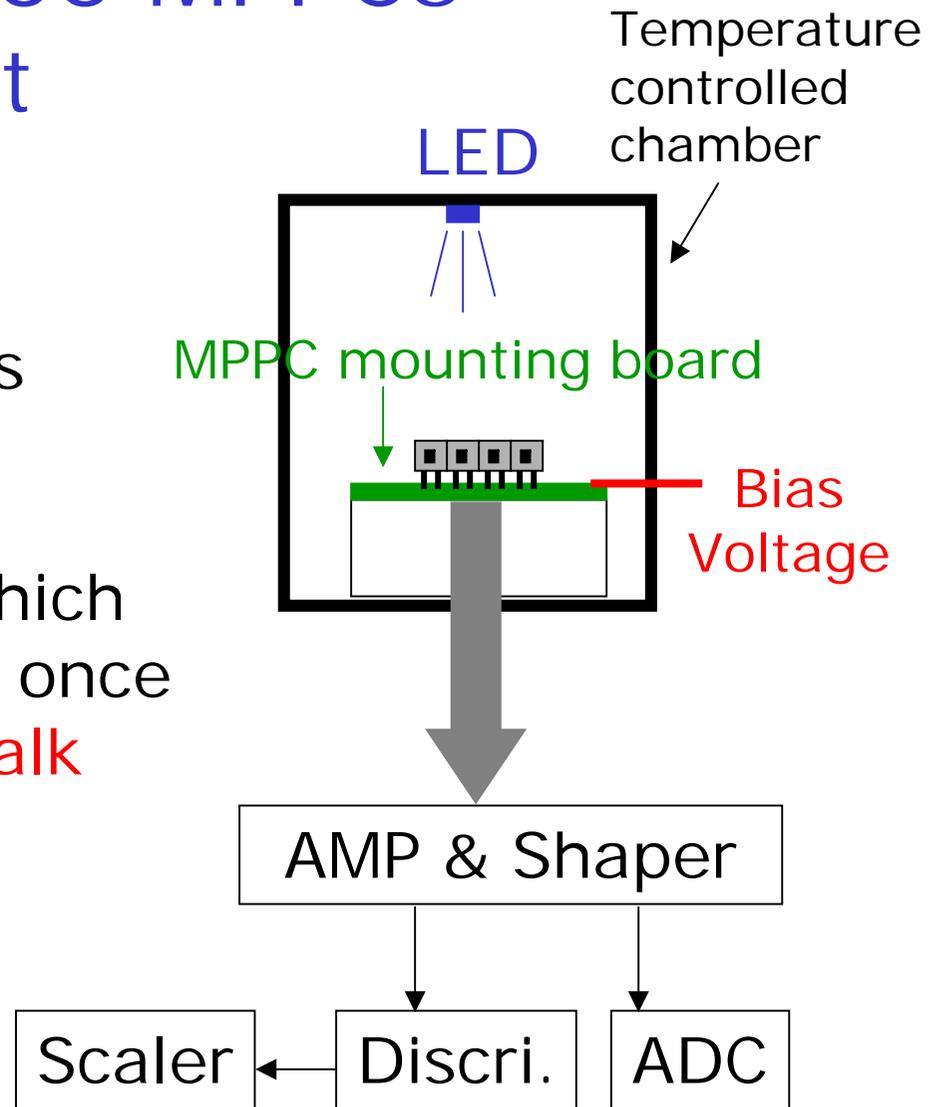
Saturation effect for Linearity (Using MPPC with 1600 pixels)



- 1600 pixels are enough for the beam test @ DESY (beam energy 1 ~ 6 GeV).
- We need more pixels for the GLD calorimeter, though.

Bench test of 1000 MPPCs for DESY beam test

- It is necessary to check properties of all the MPPCs used in the prototype
- We prepare the system which can measure 16 MPPCs at once
Gain / Noise rate / Cross-talk
- The system is put under temperature control



Summary

- MPPCは超小型シンチレータからなるサンプリング型カロリメータの光検出器に最適である
- より高いエネルギーを精度よく測定するためには測定器の線形性が重要
ピクセル数の増加が必要
- エネルギー測定器の精度を上げるためにはMPPCの品質の均一性が重要
ベンチテストで確認する（長期安定性も）

Plans

電磁カロリメータのプロトタイプのビームテストを行う
MPPCによるシンチレータ読み出しは
ファイバー読み出しと直付け読み出しの2通りを試す

Beam test に向けて

- MPPC 1000個のゲイン、ノイズレート、クロストークの測定
- LEDによるMPPCゲインモニターと温度モニターの導入

Beam test @ DESY (2006 Feb-Mar)

- 全MPPC読み出しのカロリメータ...世界初の試み
- カロリメータとしての基礎性能をテスト

Beam test @ Fermilab (2007-2008)

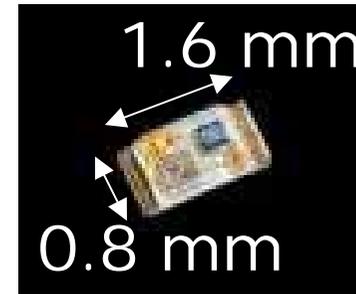
- DESY beam testの結果を踏まえた上で
 π^0 reconstruction のテスト

Backup

Gain monitoring using Chip LED

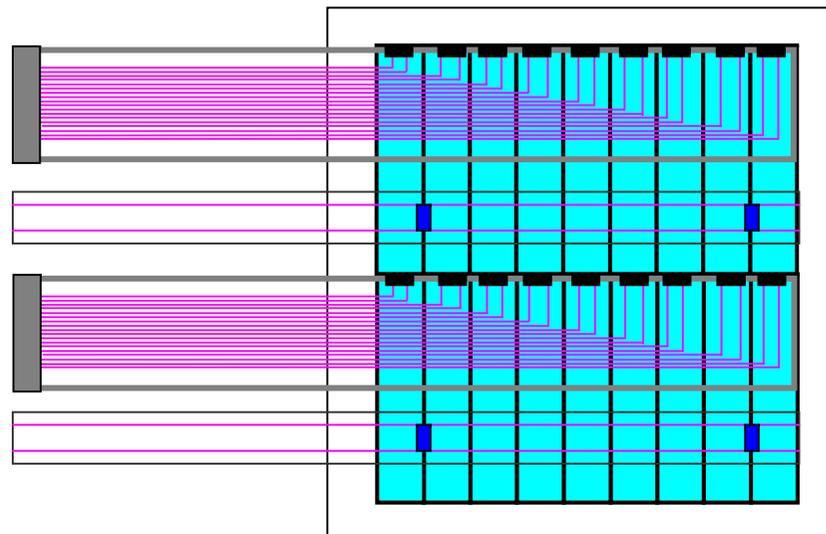
Gain of MPPC depends on temperature. ($\sim 2\% / \text{C}^\circ$)

→ We will implement gain monitoring system with chip LEDs.



Thickness
0.4 mm

Chip LED
 $\lambda = 470 \text{ nm}$



Particle Flow Algorithm (PFA)

- ILCでは、ジェットのエネルギーを精度良く測定することが重要

非常に細かく分割されたカロリメータが必要

- ジェットを構成する粒子の割合

- 荷電粒子(K^\pm, π^\pm 等) .. 65%
- 光子(γ) ... 25%
- 中性ハドロン(K_L^0) ... 10%

- PFA ... **ジェット中の粒子に対して、**

- 荷電粒子は飛跡検出器で運動量を測定
(カロリメータより精度が良いため)
- 光子と中性ハドロン粒子は
カロリメータでエネルギーを測定
(飛跡検出器で測定できないため)

カロリメータ内で粒子を区別できなくてはならない

$$e^+e^- \rightarrow Z^0H \rightarrow \nu\nu qq, \sqrt{s} = 500 \text{ GeV}$$

