

Detekcja cząstek elementarnych

w eksperymencie MINOS



Krzysztof Wojciech Fornalski

Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej

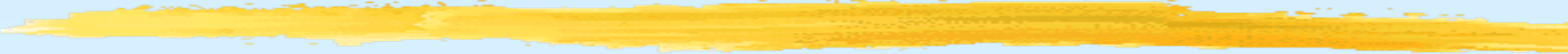
2006

Wstęp



- detektory
- budowa i typ scyntylatorów
- światłowody
- fotopowielacze
- kalibracja

Budowa detektorów - przypomnienie

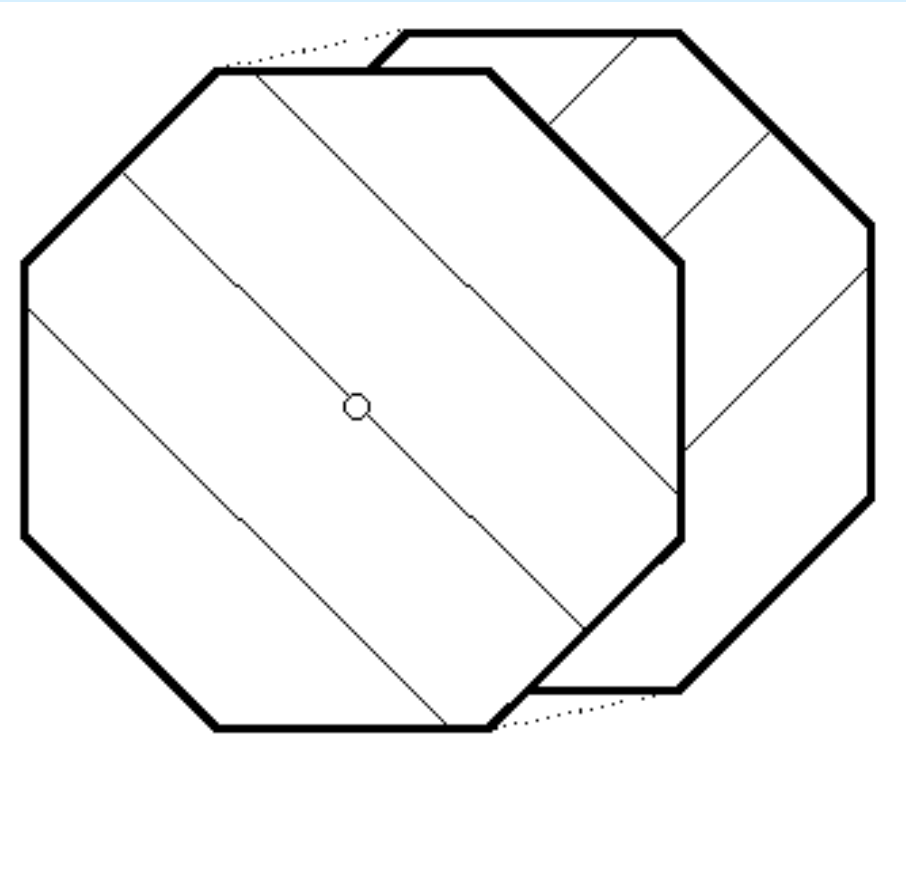


- oba detektory (ND i odległy o 735 km FD) posiadają bliźniaczo-podobną budowę
- wiele jednakowych warstw detekcyjnych
- jedna warstwa składa się z warstwy stali (grubość 2,54 cm) i stałego scyntylatora (grubość 1 cm) ułożonych naprzemiennie
- scyntylator jest przyklejany do płyty stalowej





Budowa detektorów - c.d.



kolejne warstwy
detekcyjne ułożone
są pod kątem 90°
względem sąsiadów
(obrót wzgl. osi
detektora)

Idea detektorów



- dzięki temu, iż kolejne plastry scyntylatora ułożone są prostopadle do siebie, przechodząca cząstka jednoznacznie zostawia informację o swym położeniu
- stąd można wyznaczyć jej tor
- ze znajomości wartości sygnału także energię
- szczegóły budowy na przykładzie dalekiego detektora podane dalej

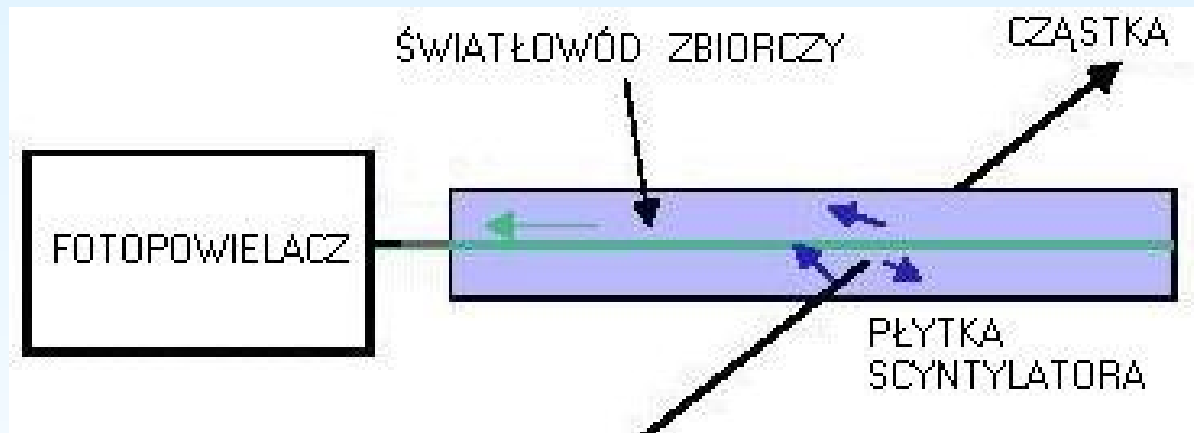
Budowa warstwy scyntylatora dla FAR

- składa się ze 192 pasków scyntylacyjnych (8 modułów)
- 1 moduł posiada 20 lub 28 pasków scyntylacyjnych
- długość modułu: w ND od 2,5 m do 6 m; w FD: maks. 8 m.
- w całym FD jest w sumie 100 000 pasków scynt.



Pasek scyntylacyjny

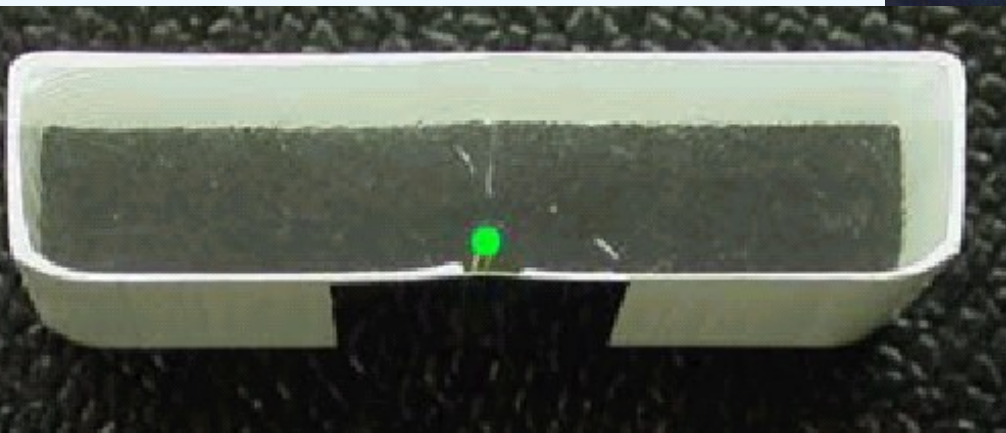
Przelatująca cząstka naładowana powoduje powstawanie fotonów, które następnie zbierane są światłowodem i przesyłane do fotopowielacza...



Powyższy przykład dla bliskiego detektora
Rejestracja mionów kosmicznych: 0,5 Hz

Pasek scyntylacyjny- c.d.

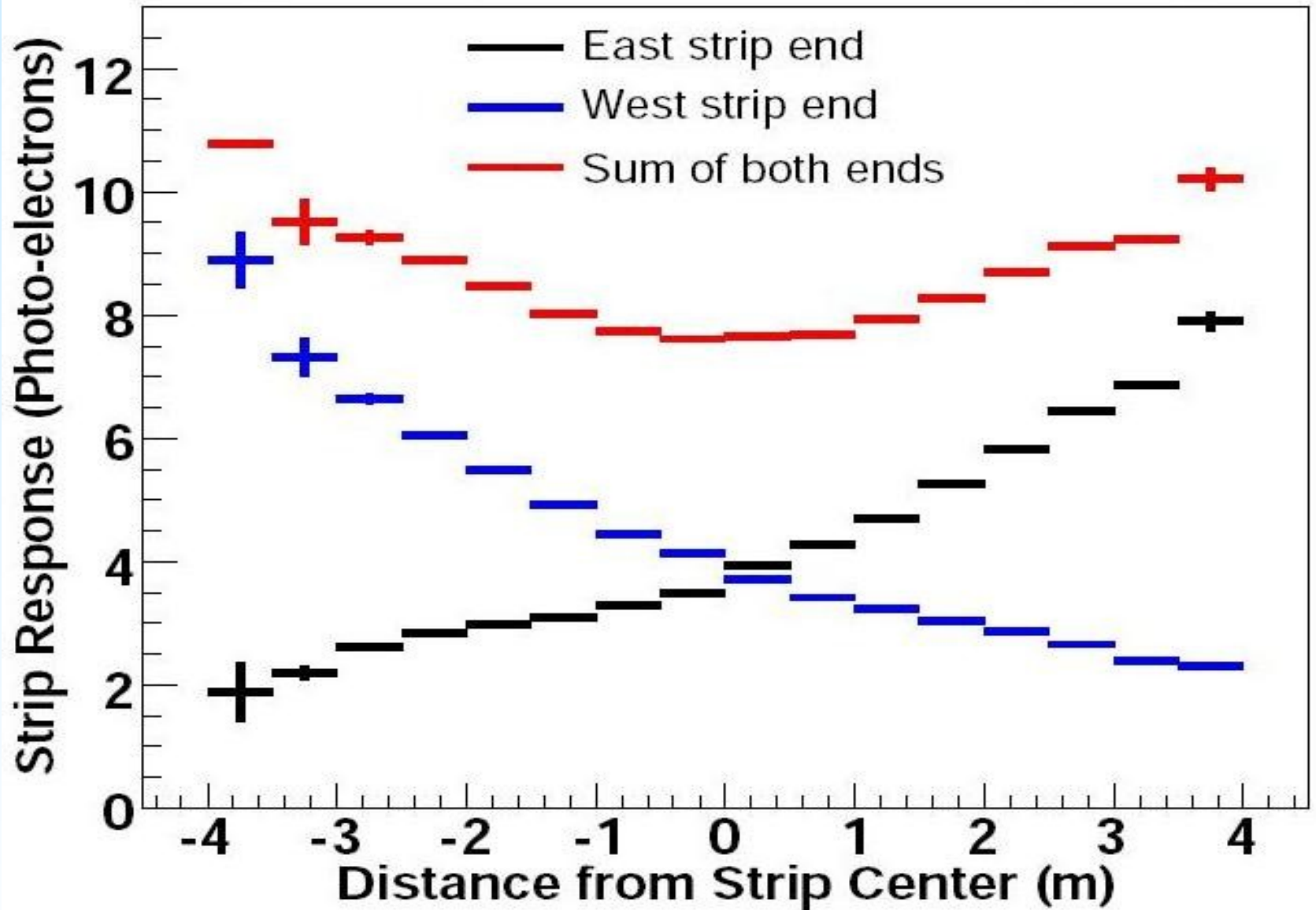
- polistyren w koszulce (0,25 mm) z dwutlenku tytanu
- rowkowe wyżłobienie (2mm) ze światłowodem w środku
- wymiary: grubość 1 cm, szerokość 4,1 cm i długość maks. 8 m



Pasek scyntylacyjny c.d.

- minimalna liczba fotonów wyjściowych wynosi średnio 4,7
- jeden pasek posiada 1 wyjście światłowodowe (dla ND) lub 2 symetryczne (FD)
- w ND na końcówce bez światłowodu znajduje się odblaskowa zaślepka

Average Response of 8 m Long Strips

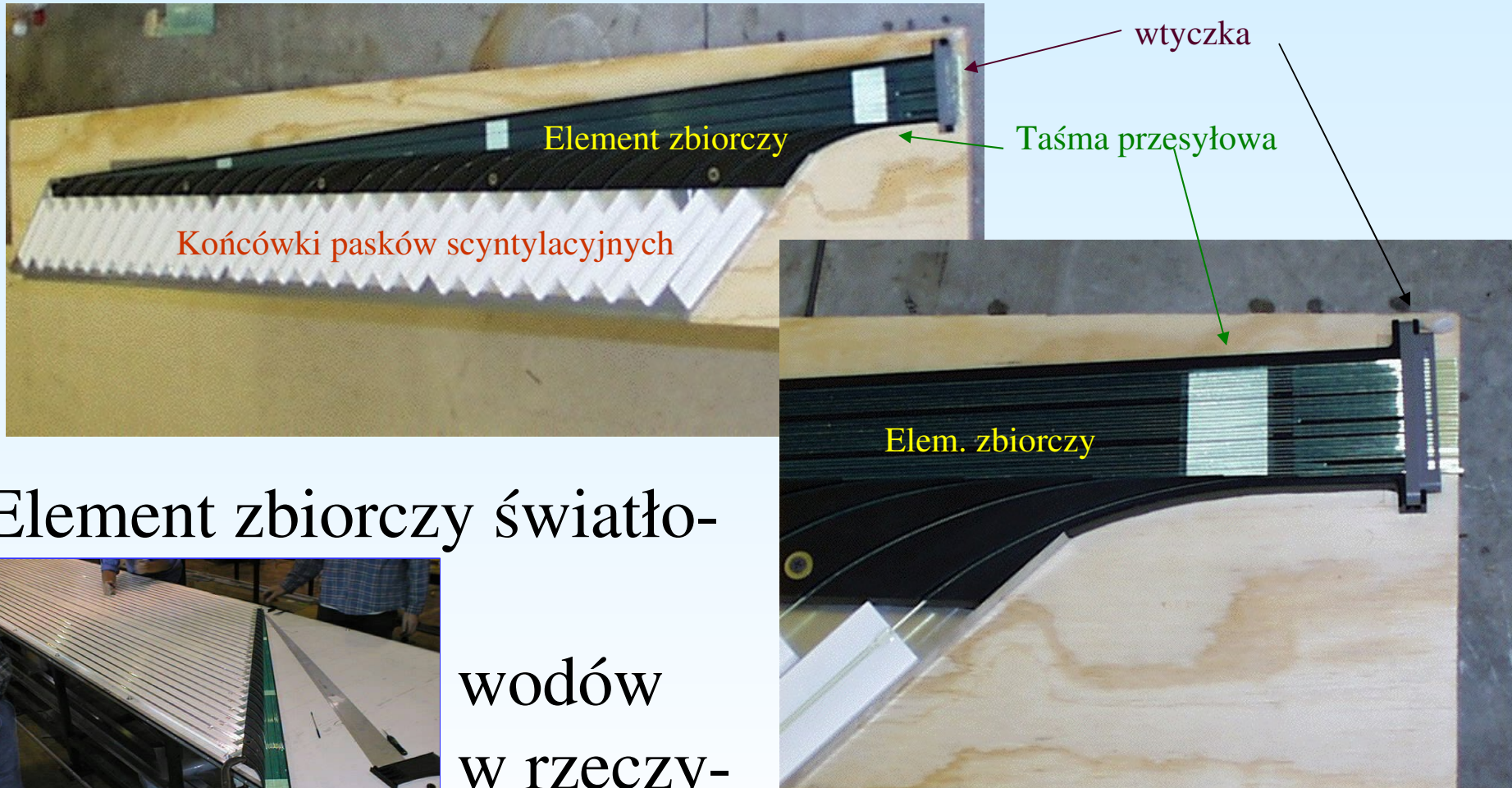


odpowieź scyntylatora w zależności od odległości przechodzącej

Światłowody WLS (wavelength-shifting)

- średnica 1,2 mm
- podwójna otoczka rdzenia światłowodu: warstwa wewnętrzna z akrylu (PMMA), a zewnętrzna z polifluoru
- rdzeń polistyrenowy izotropowy optycznie, typu „non-S” - łańcuchy polistyrenowe nie leżą wzdłuż światłowodu (bardziej przezroczysty, niż światłowody typu „S”)

Zbieranie sygnału



Element zbiorczy światło-



wodów
w rzeczy-
wistości

Schemat elementu zbiorczego światłowodów

warstwa stali
2,54 cm

do scyntylatora

przewody wyjściowe

PMT

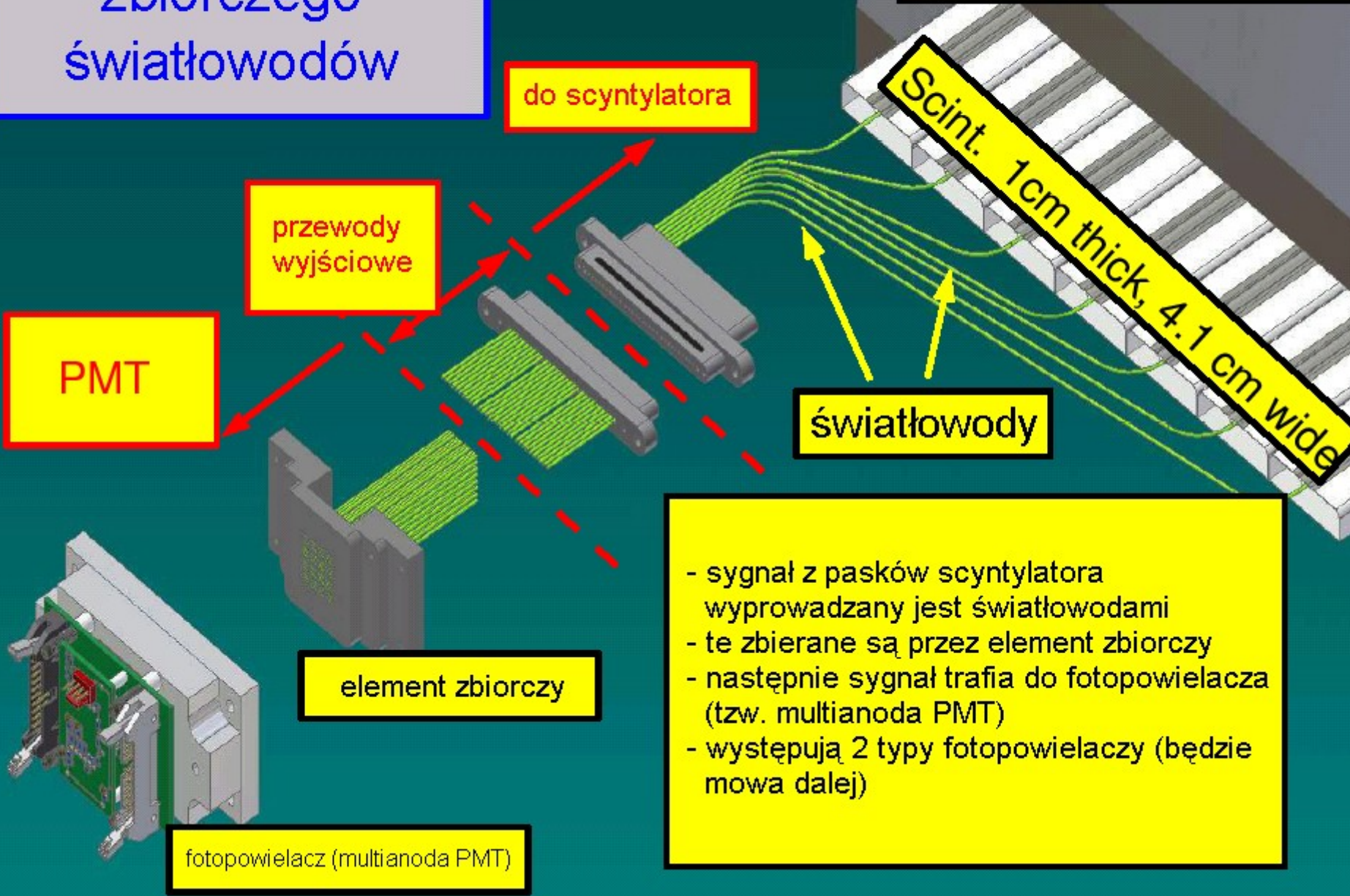
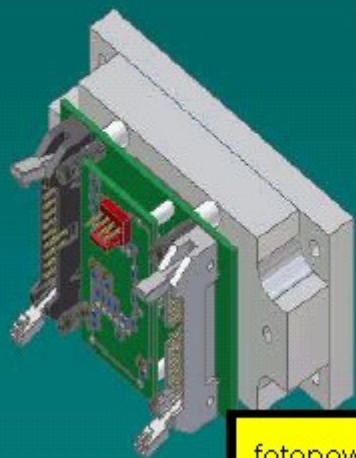
światłowody

Scint. 1cm thick, 4.1 cm wide

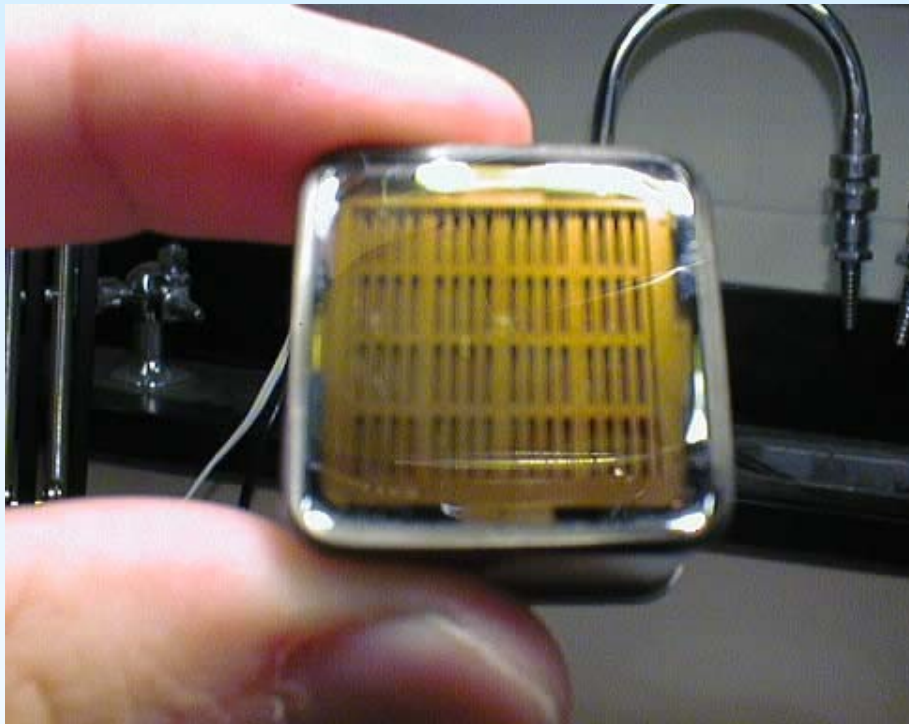
element zbiorczy

- sygnał z pasków scyntylatora wyprowadzany jest światłowodami
- te zbierane są przez element zbiorczy
- następnie sygnał trafia do fotopowielacza (tzw. multianoda PMT)
- występują 2 typy fotopowielaczy (będzie mowa dalej)

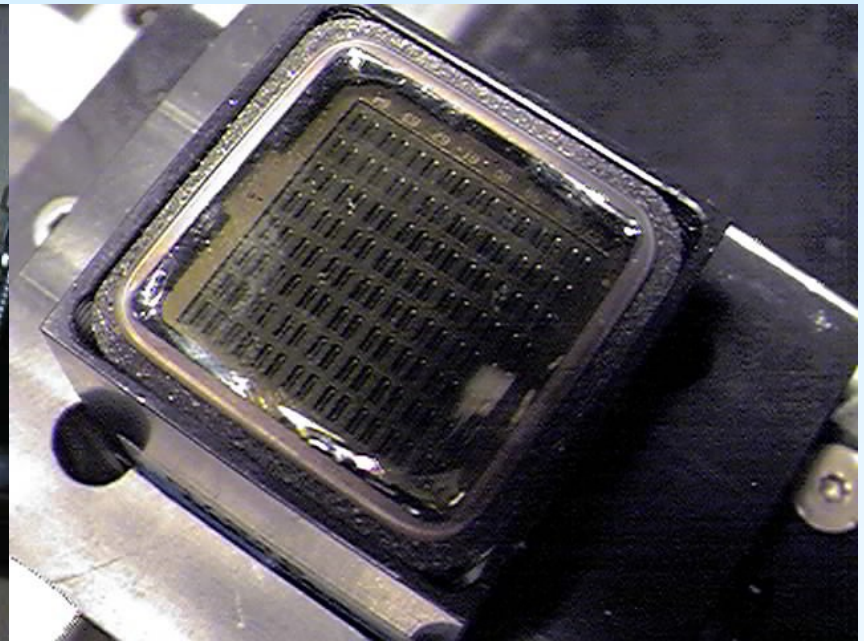
fotopowielacz (multianoda PMT)



Fotopowielacze M16 i M64 multianody PMT

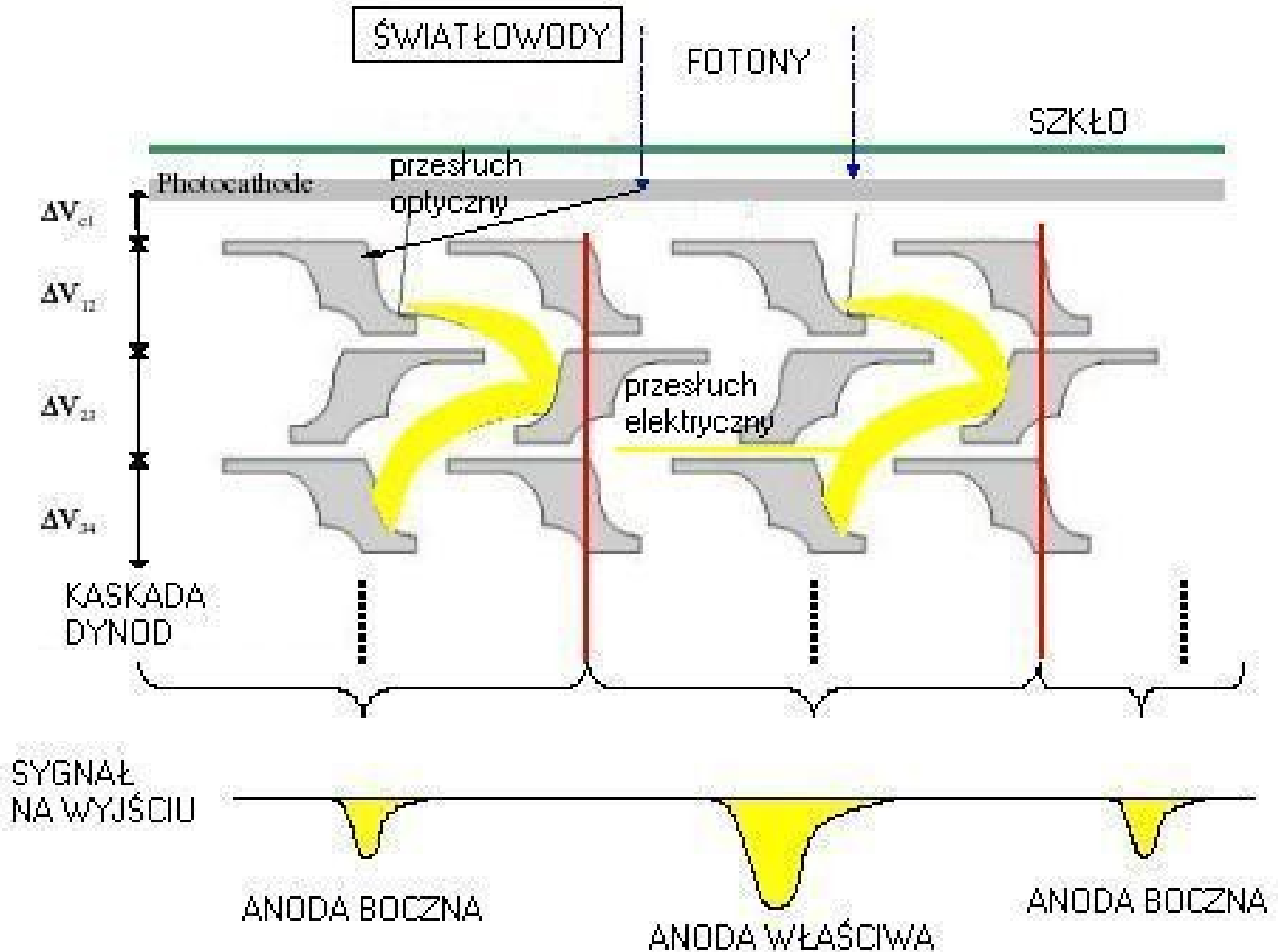


M16 PMT. Element stosowany dla
bliskiego i dalekiego detektora
daleki: 8 światłowodów na piksel.
bliski: 1 lub 4 światłowodów na piksel

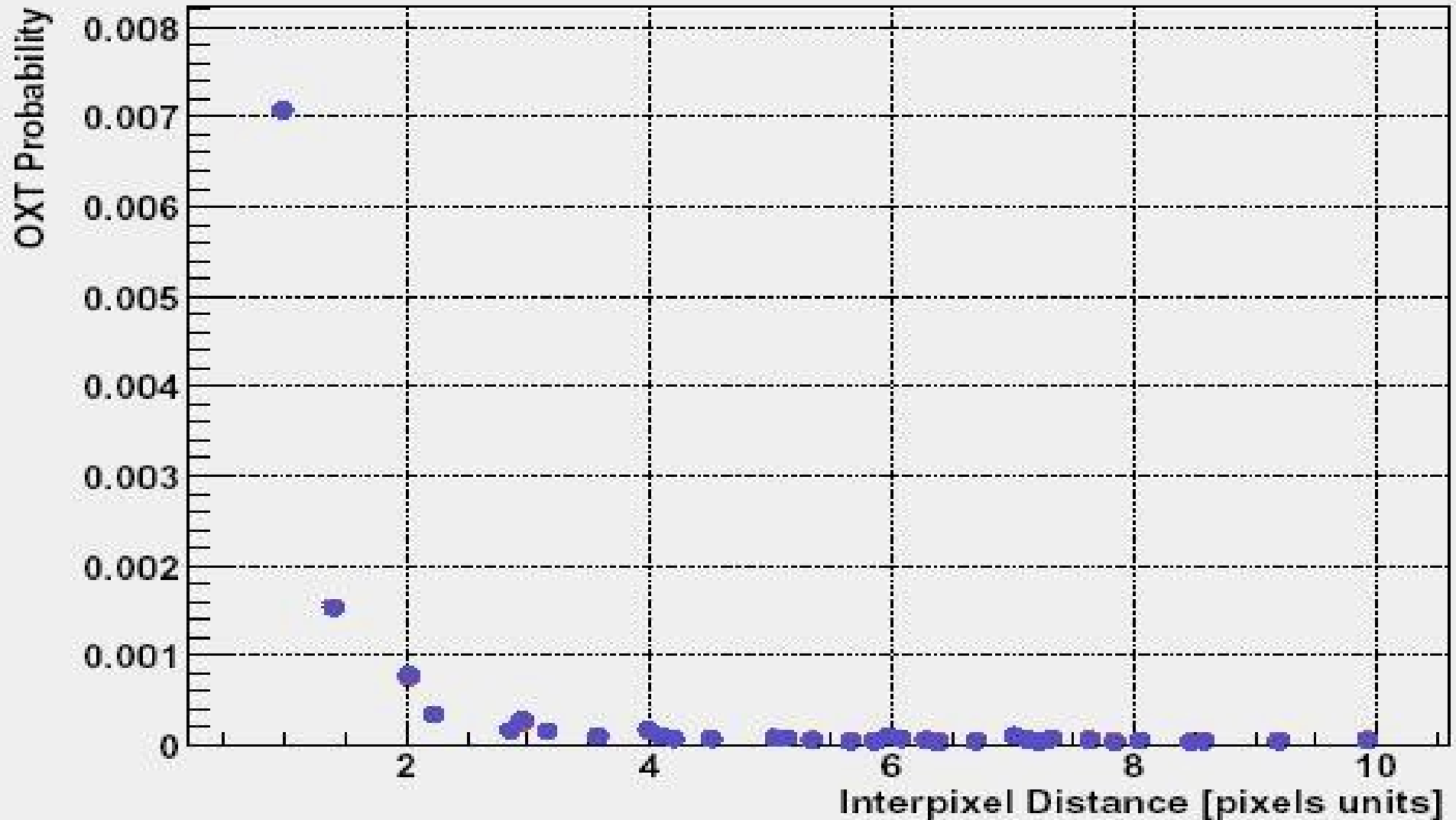


M64 PMT... Analogiczny do
M16, lecz oparty na macierzy
8x8 a nie 4x4. Używany w
bliskim detektorze

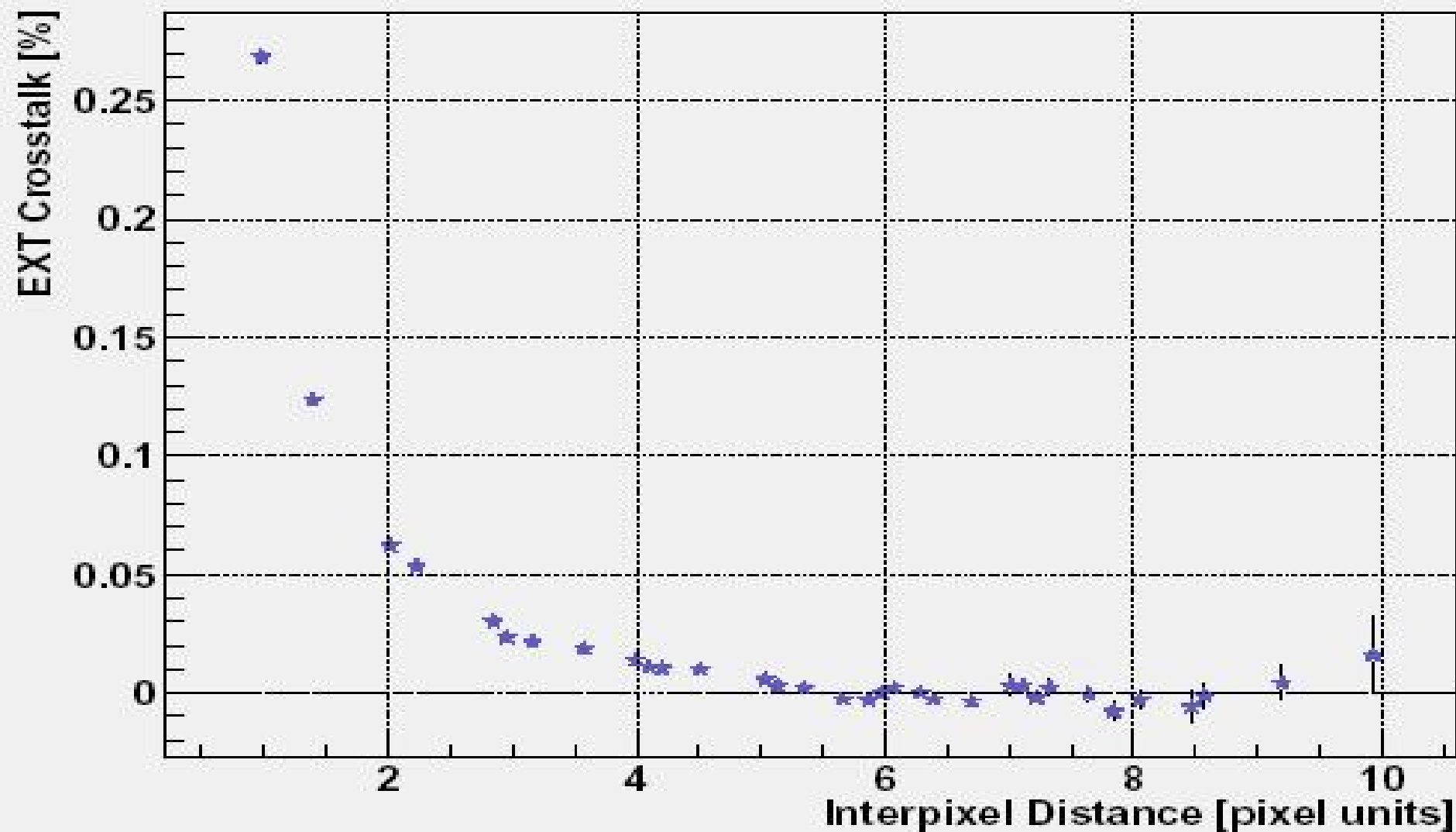
POWSTAWANIE PRZESŁUCHU (CROSSTALK)



Przesłuch optyczny



Przesłuch elektryczny



Kalibracja



- wyznaczenie krzywej odpowiedzi
- badanie wzmocnienia fotopowielaczy
- regularne monitorowanie drogi optycznej ze względu na mechaniczne i czasowe zmiany
- każdy z pasków scyntylicyjnych musi dawać tę samą odpowiedź dla jednakowego sygnału wejściowego, zarówno w ND jak i FD!

$$Q_{\text{corr}} = Q_{\text{raw}} \times D \times L \times S \times A \times M$$

- Q_{corr} - poprawny końcowy sygnał, na który składa się wiele czynników
- Q_{raw} - pierwotna (surowa) wysokość impulsu z paska scyntylicyjnego

$$Q_{\text{corr}} = Q_{\text{raw}} \times D \times L \times S \times A \times M$$

- D (d,t) - „poprawka dryftu”
 - kompensuje zmiany odpowiedzi scyntylatora, fotopowielacza i elektroniki ze względu na zmiany temperaturowe jak i starzenie się

d - nr detektora

t - czas

$$Q_{\text{corr}} = Q_{\text{raw}} \times D \times L \times S \times A \times M$$

- $L(d, s, Q_{\text{raw}})$ - „poprawka linearyzacji”
 - linearyzacja odpowiedzi sygnału kanału ze względu na wysokość impulsu
 - d - nr detektora
 - s - nr paska detekcyjnego (stripu)
- sygnał powinien być liniowy przy mniej niż ~100 fotoelektronach

$$Q_{\text{corr}} = Q_{\text{raw}} \times D \times L \times S \times A \times M$$

- S (d,s,t) - poprawka wyznaczana osobno dla każdego paska scyntylacyjnego
 - eliminuje różnice sygnału wyjściowego na różnych stripach przy tym samym sygnale wejściowym (w rzeczywistości każdy pasek daje nieco inną odpowiedź)
 - d - nr detektora
 - s - nr paska
 - t - czas

$$Q_{\text{corr}} = Q_{\text{raw}} \times D \times L \times S \times A \times M$$

- A (d,s,x) - „poprawka pochłaniania”
- tyczy się stopnia pochłaniania światła w zależności od pozycji przechodzącej cząstki
d - nr detektora; s - nr paska; x - pozycja
- M (d) - „scale factor” - czyli skaluje wysokość impulsu dla obydwu detektorów

Run: 32133, Snarl: 97235, Slice: 1(/1), Event 1(/1)

Reco

#Trks: 1

#Shws: 2

q/p: -0.517 +/- 0.034, p/q: -1.935

TrkRangeEnergy: 2.042 RecoShwEnergy: 0.196

Vtx: -0.52, -2.42, 6.20

Truth

N/A

N/A

N/A

N/A

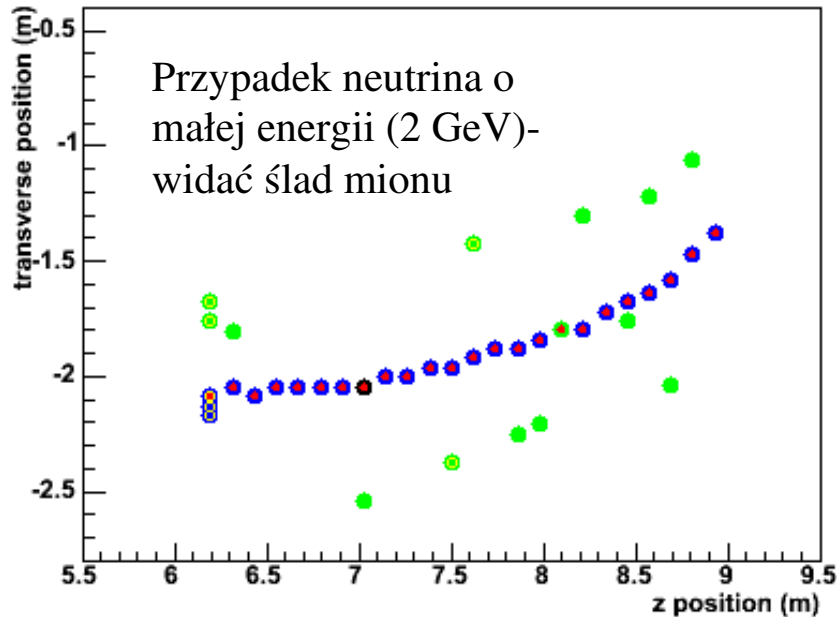
N/A

N/A

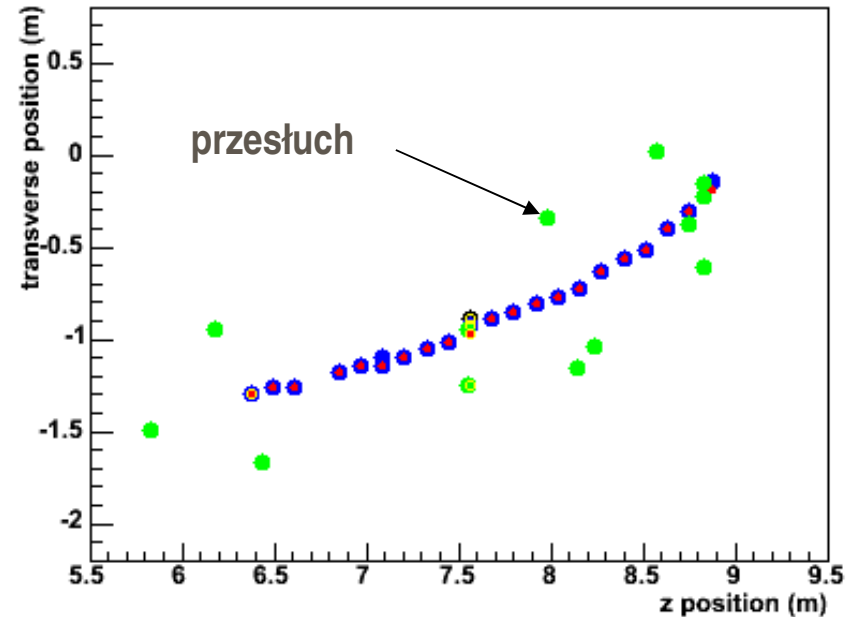
| | | | | |
|--------|---------------|--------------------|----------------------------|-----------|
| Ignore | Previous Pass | | Next Pass | |
| NuMu | Step Back | | Step Forward | |
| NuE | Prev Slc | Next Slc | Prev Evt | Next Evt |
| NC | Prev MC | Next MC | Skip to... Run,Snarl... | AutoMatch |
| CC | Refresh | Logo? Clusters? | Print | Quit |

| | | | | | | |
|-------|---|------------------------------------|-----|----------------|---|-----------|
| Reco | ● | Summed NPEs < 2.0 | | | | |
| | ● | 2.0 < Summed NPEs < 20.0 | | | | |
| | ● | Summed NPEs > 20.0 | | | | |
| | ● | Reconstructed Track Hit | | | | |
| | ○ | Reconstructed Shower Hit (cyan=EM) | | | | |
| Truth | — | e | — | μ | → | initial ν |
| | — | p | — | n | | |
| | — | π ^{+/-} | — | π ⁰ | | |
| | — | K ^{+/-/0} | — | γ | | |
| | — | τ | --- | final ν | | |

Transverse vs Z view - U Planes



Transverse vs Z view - V Planes



Dziękuję za uwagę



www.fuw.edu.pl/~minos

fornalski@knf.pw.edu.pl