

Segmentované polovodičové detektory pro diagnostiku ubíhajících elektronů

Marek Tunkl

Školitel: Ing. Michal Marčíšovský, Ph.D

Obsah

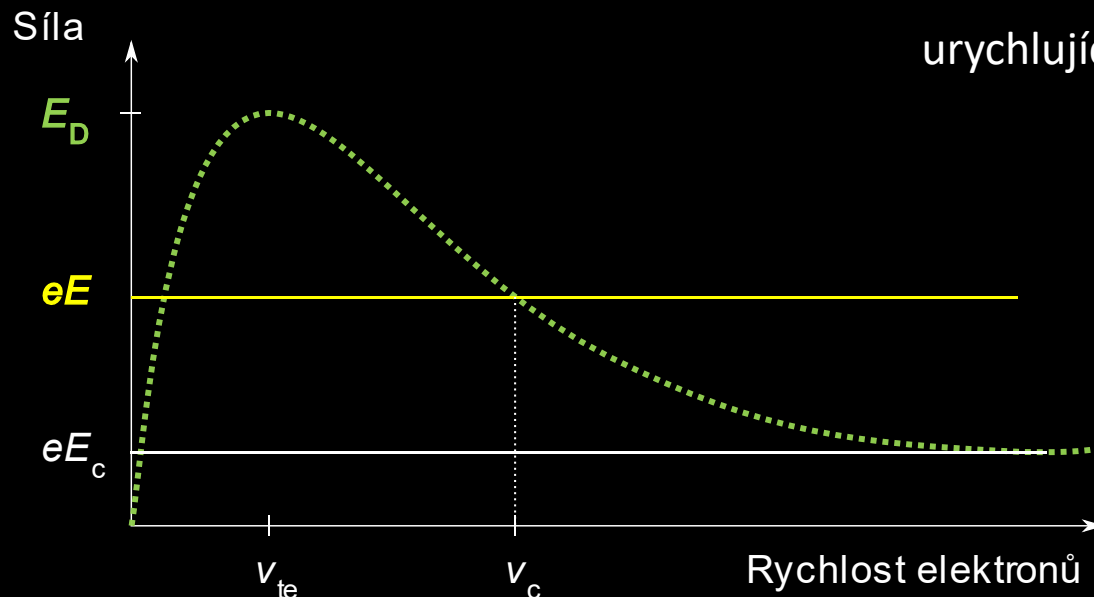
- teorie
 - ubíhající elektrony
 - polovodičové detektory
- detektor, čip PH32
- uspořádání experimentu
- výsledky měření
- shrnutí a plány do budoucna

Teorie – ubíhající elektrony

ubíhající elektrony (runaway electrons, RE) =
elektrony urychlené do relativistických energií

$$m_e \frac{dv}{dt} = eE - eE_D \psi(v)$$

urychlující síla > brzdná síla → vznik RE



$$E_D = \frac{n_e e^3 \ln \Lambda}{4\pi \epsilon_0^2 k_B T_e}$$

$$\ln \Lambda = \ln \frac{\lambda_D}{b_0}$$

$$E_c = \frac{n_e e^3 \ln \Lambda}{4\pi \epsilon_0^2 m_e c^2}$$

Teorie – polovodičové detektory

- ionizující záření \rightarrow pár elektron – díra
- vnější elektrické pole \rightarrow rozdělení páru + drift k opačným koncům senzoru
- výsledný signál zesílen a zpracován pomocí ASIC

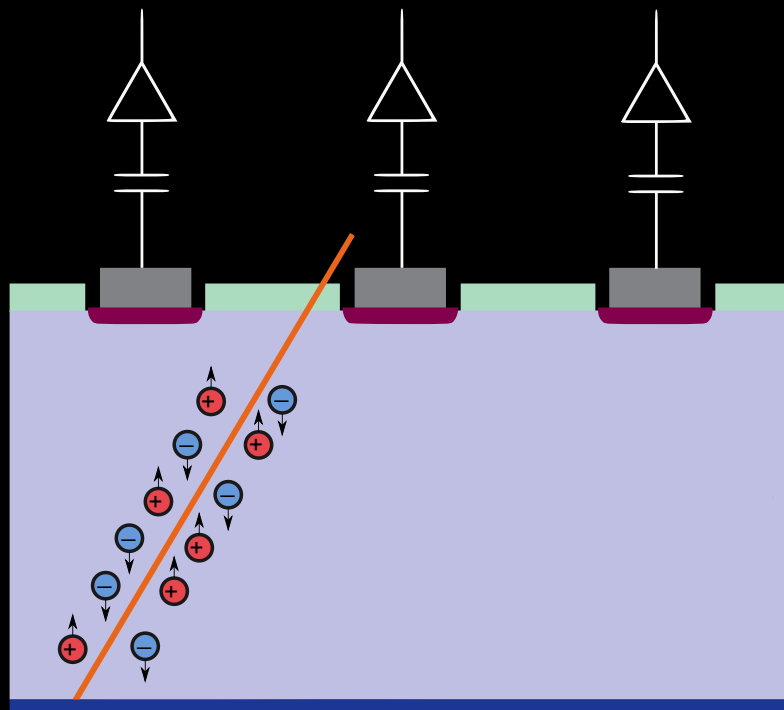
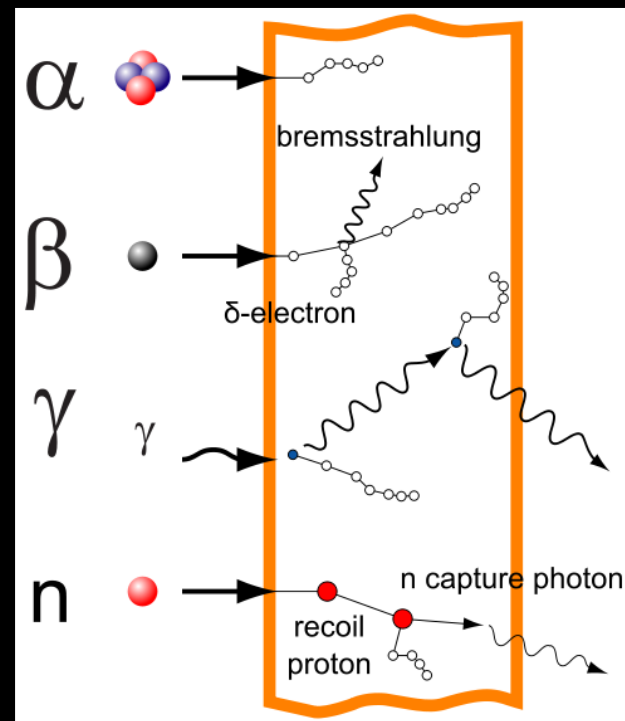


schéma senzoru



interakce záření s hmotou

Detektor

detektor:

senzor:

- 32 stripů
 - $250\mu\text{m} \times 18\text{mm}$
- tloušťka $525\mu\text{m}$

ASIC PH32:

- módy:
 - Počet částic
 - Doba nad prahem detekce (ToT)
- mrtvá doba $150\mu\text{s}$
- 1x analogový výstup

SURE vyčítací rozhraní

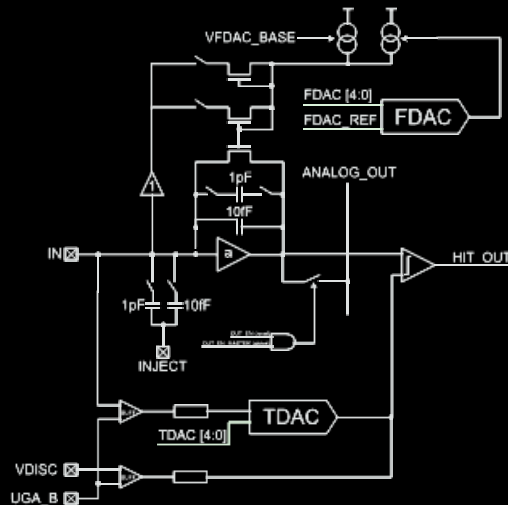
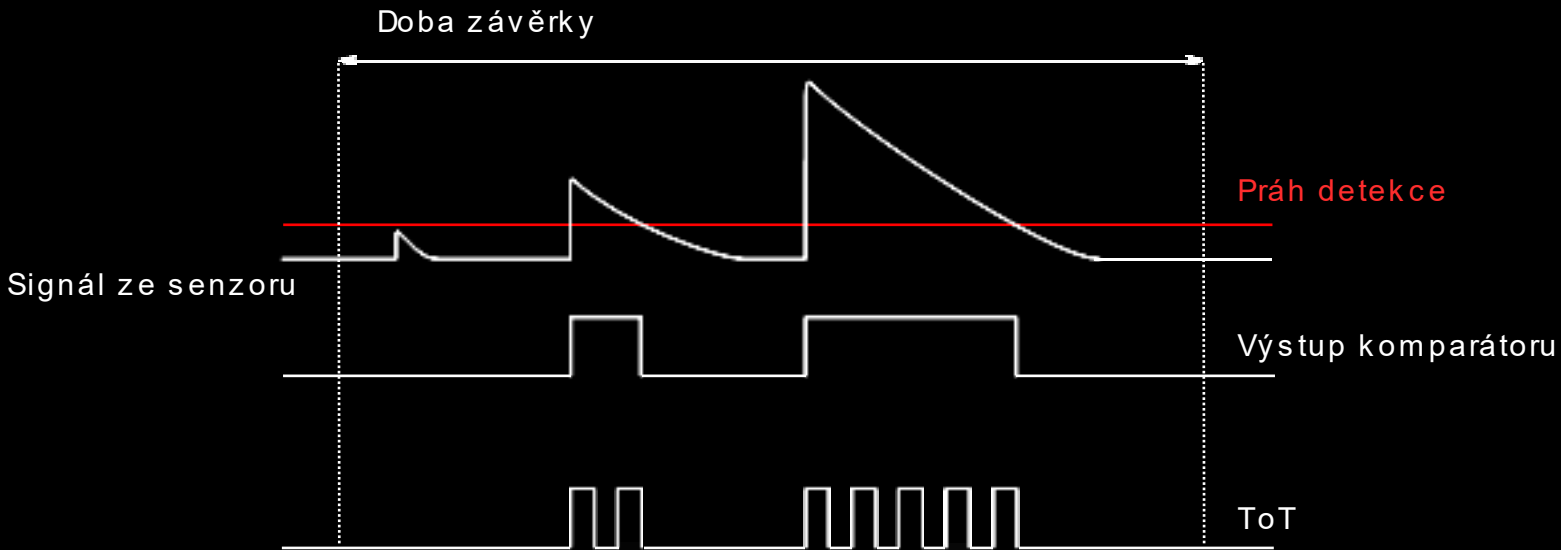
oproti scintilačním detektorům měří

- lokálně
- prostorově

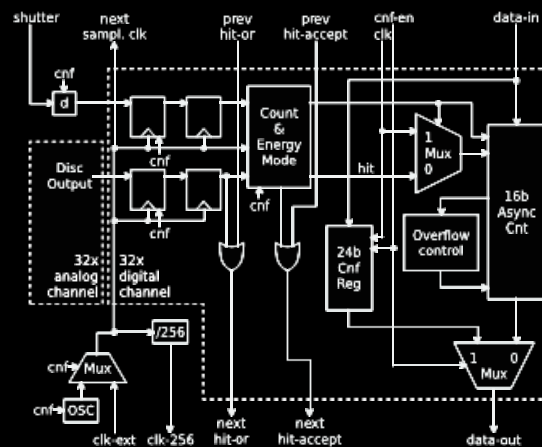


Detektor a SURE

Zpracování signálu, PH32

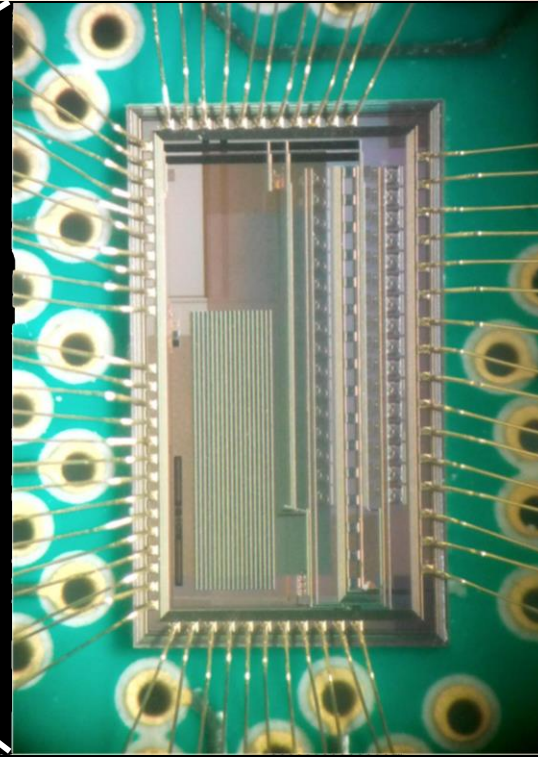
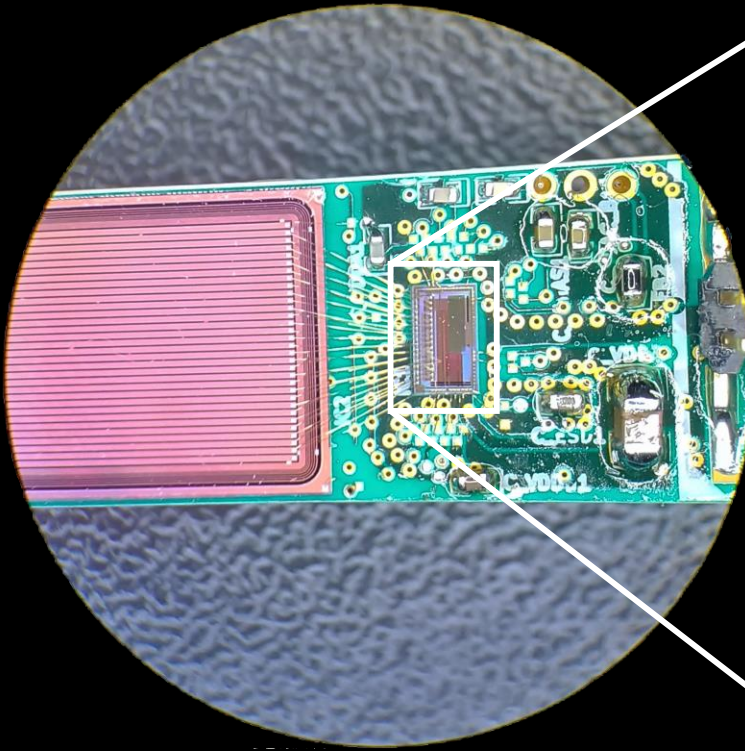
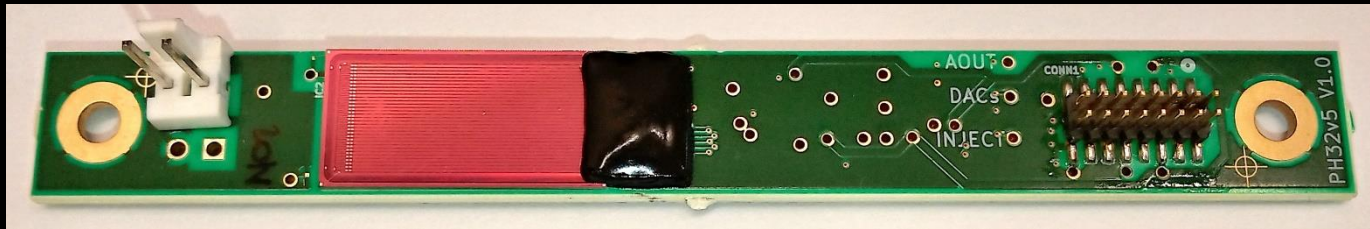


analogová část čipu PH32



digitální část čipu PH32

PH32



detektor, PH32

Uspořádání experimentu

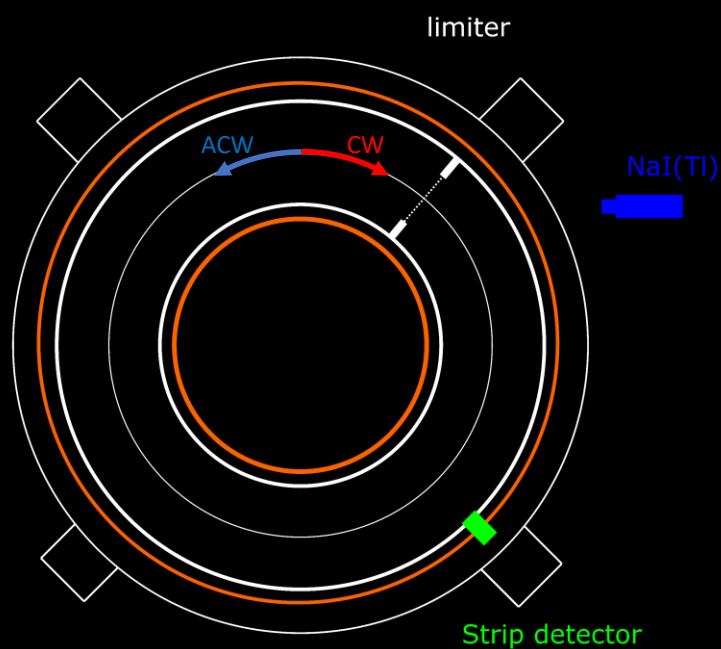


schéma GOLEMu, pohled shora



manipulátor, stínění

Uspořádání experimentu

l – vzdálenost
od středu komory
 φ – úhel otočení

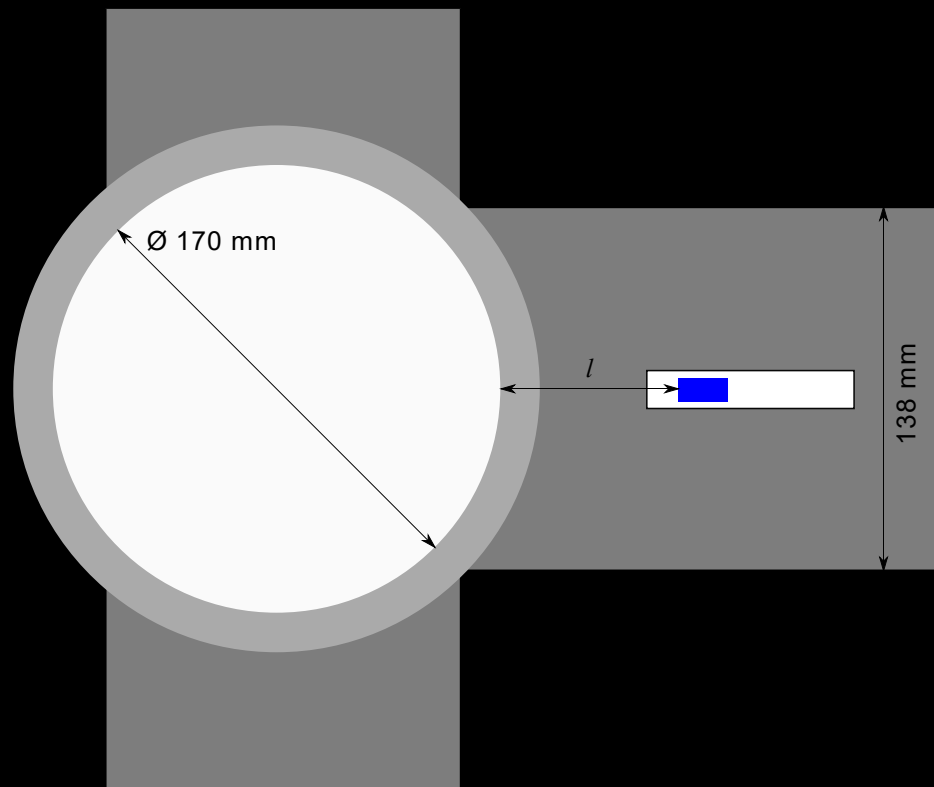
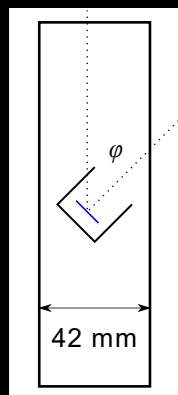
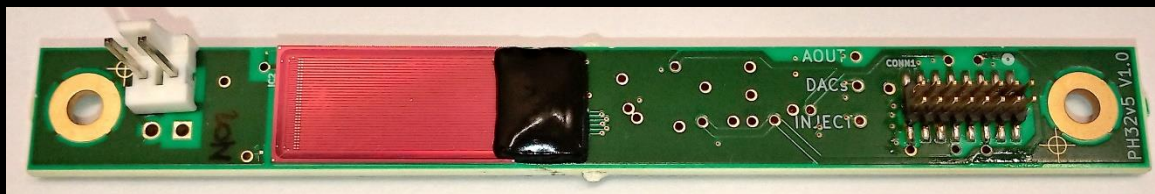
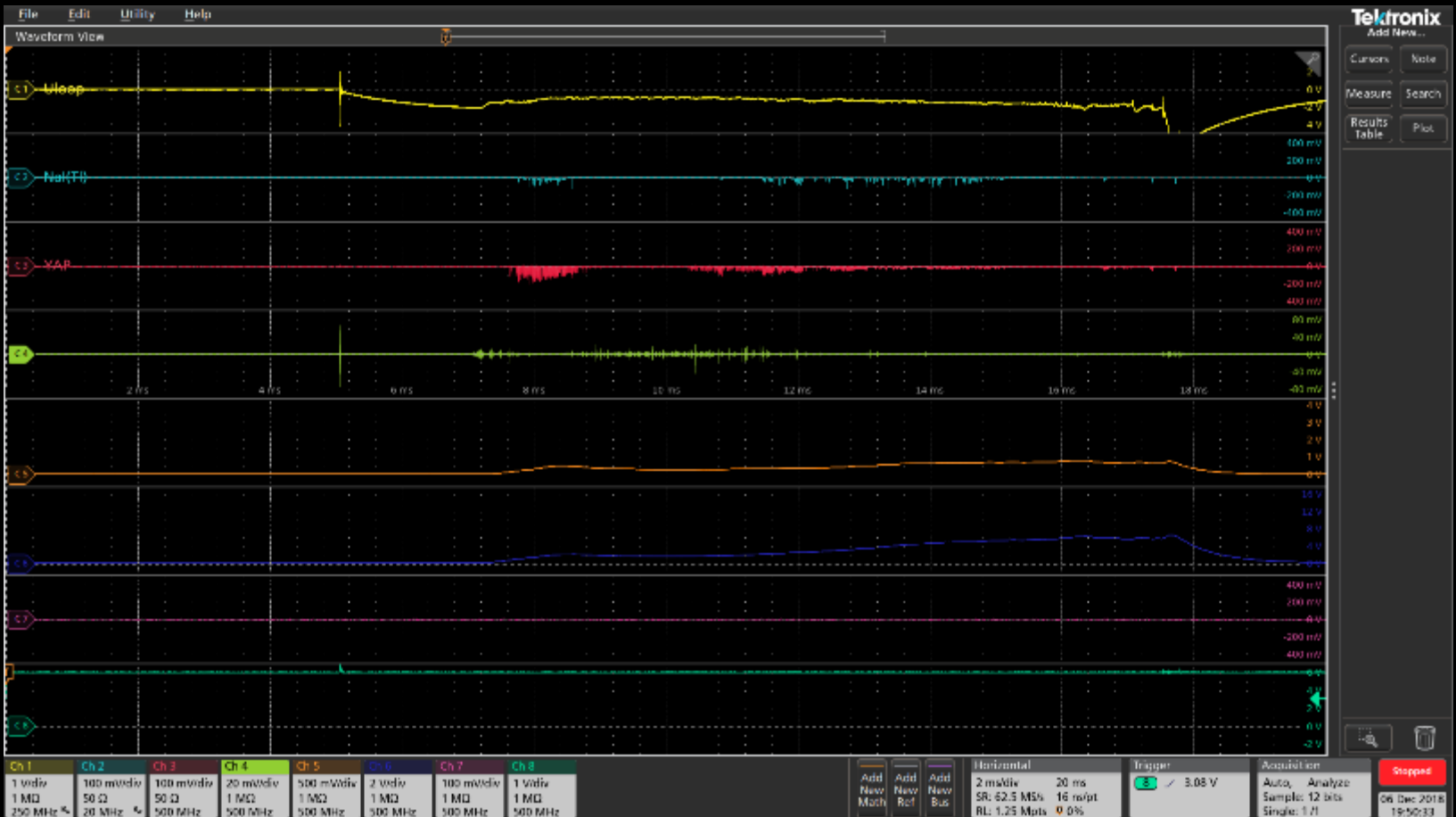


schéma portu, zepředu, z boku

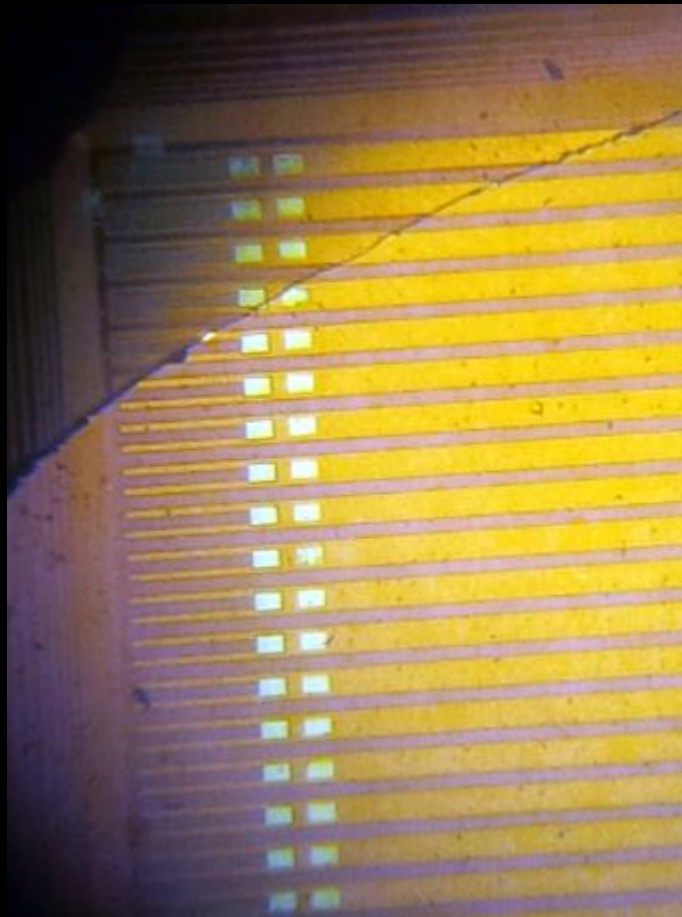


První měření



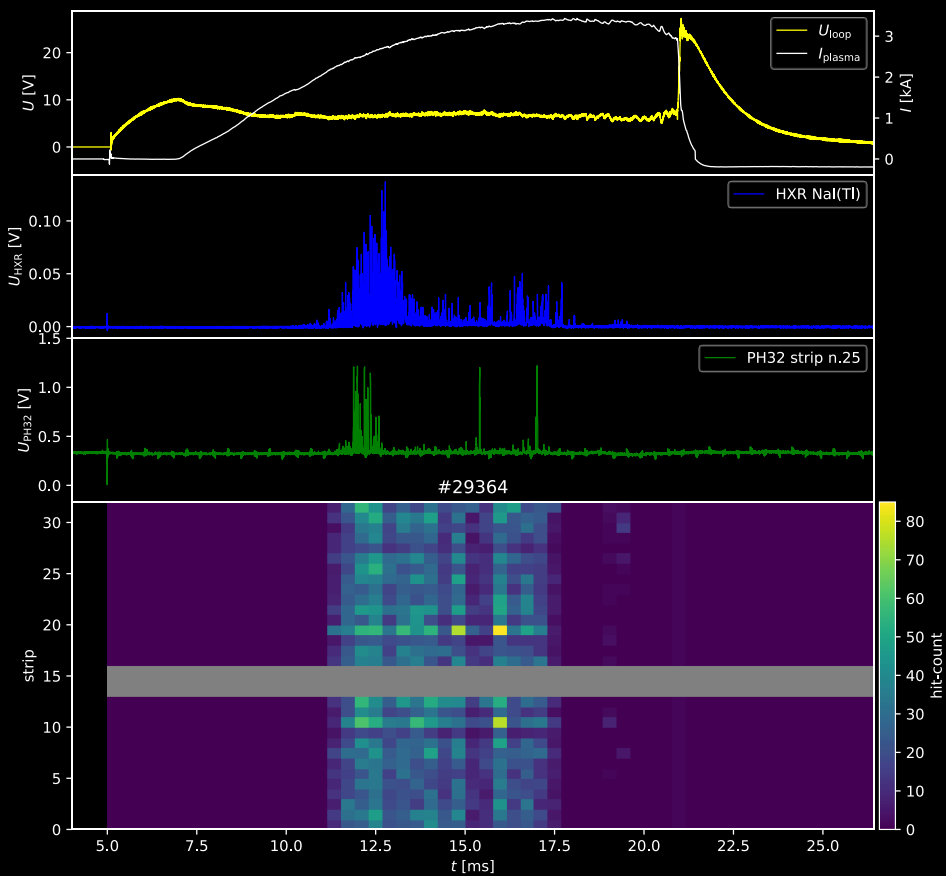
výstup z osciloskopu

První měření

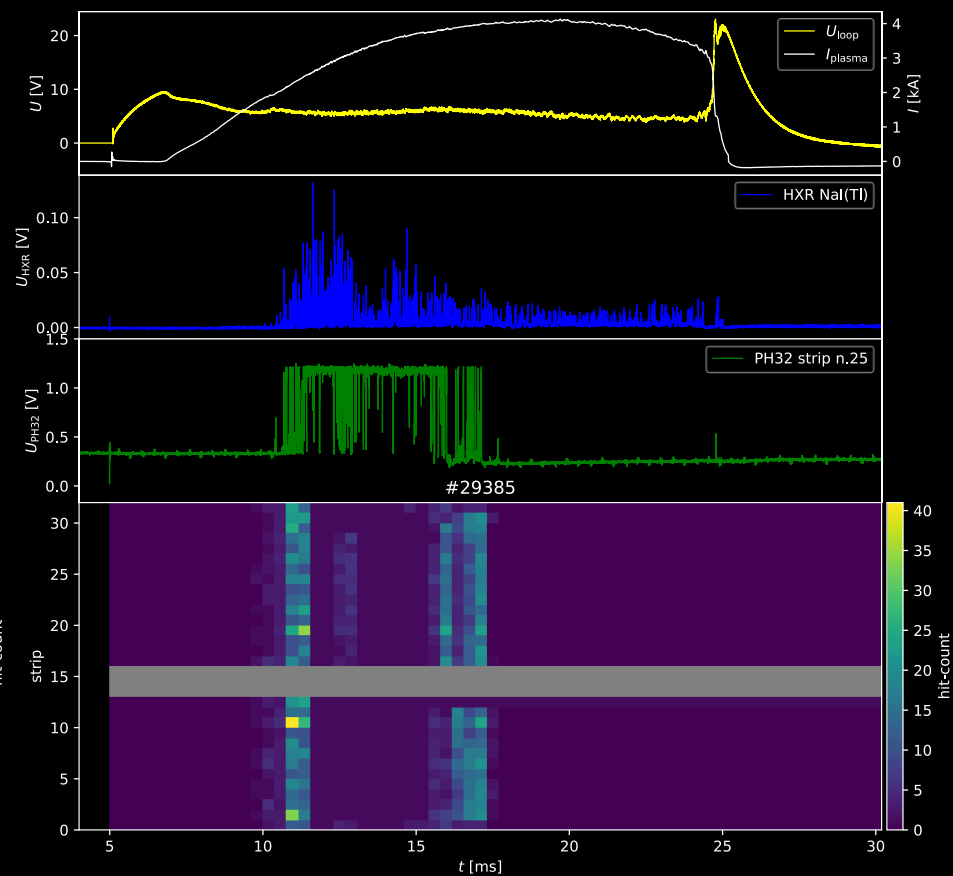


poškozený senzor

Výsledky měření – počet částic

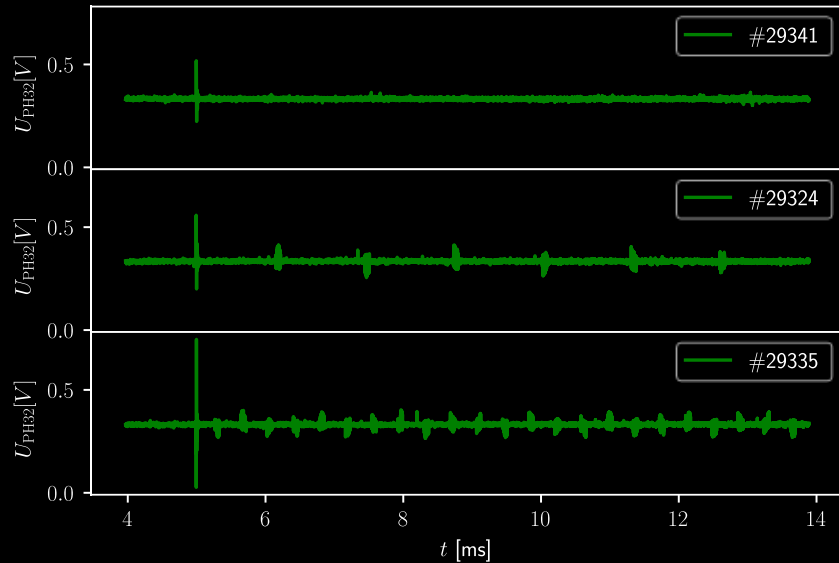


#29364, $l = 24$ mm, $\varphi = 45^\circ$, ACW



#29385, $l = 23$ mm, $\varphi = -135^\circ$, ACW

Výsledky měření - problémy



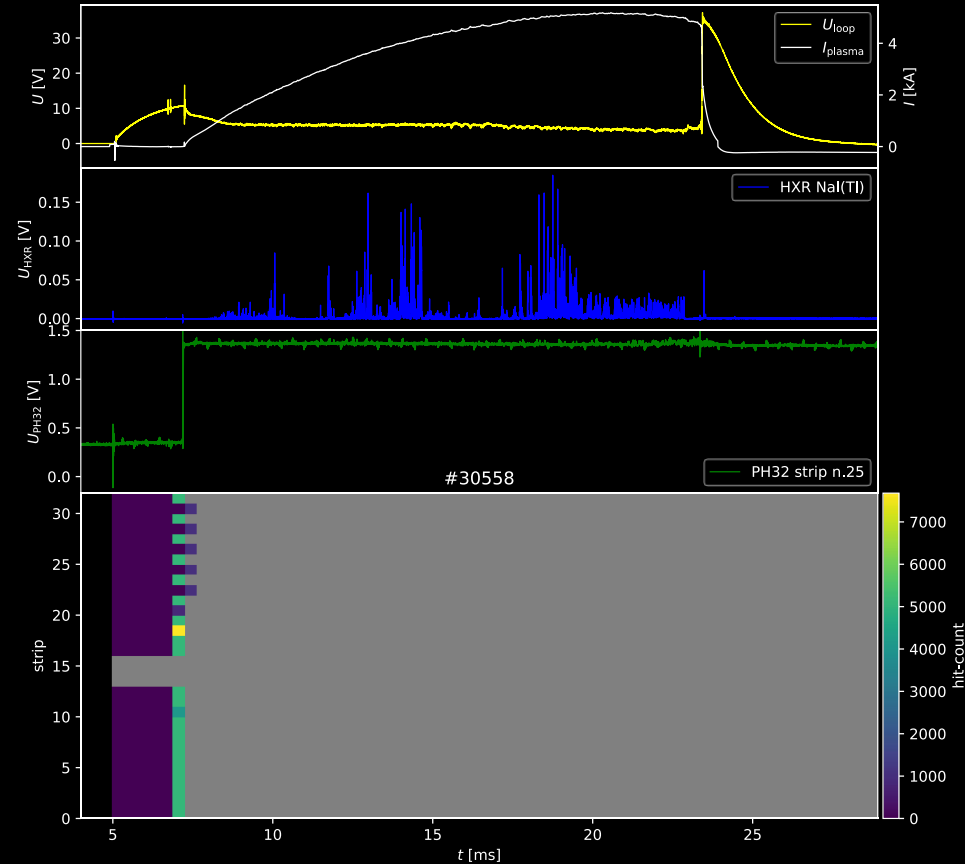
vlevo:

šum způsobený digitálním vyčítáním

1. výboj – pouze analog
2. výboj – závěrka 1080 μs
3. výboj – závěrka 200 μs

vpravo:

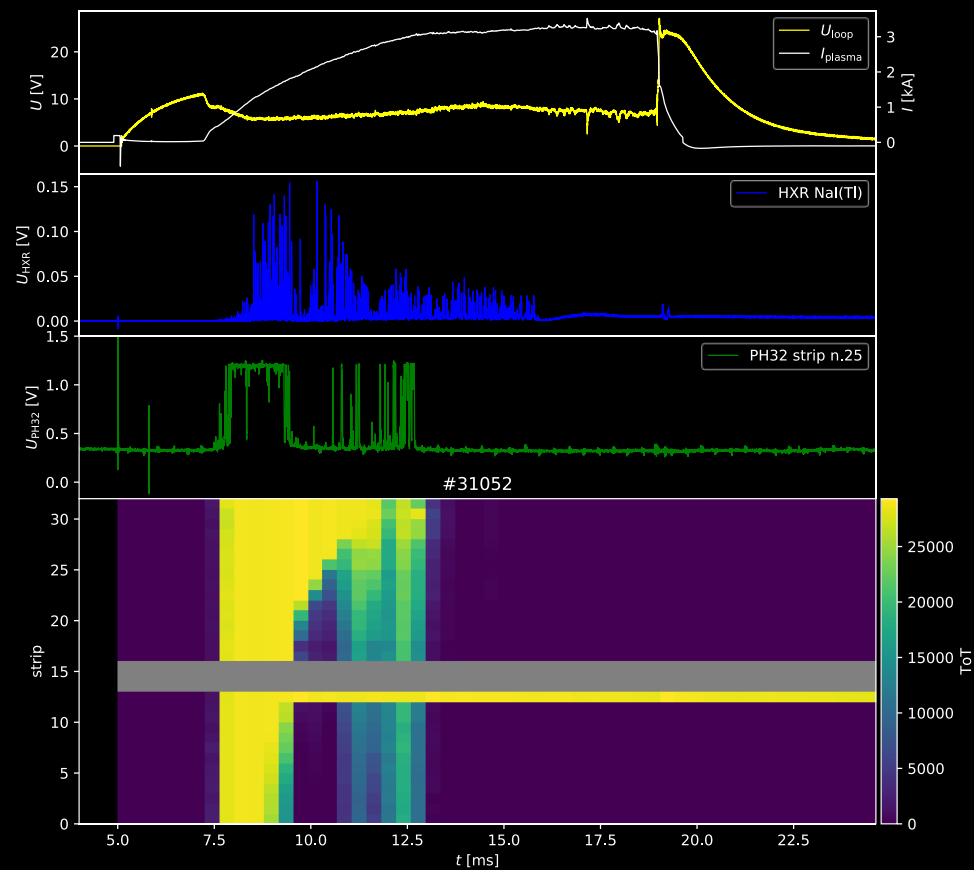
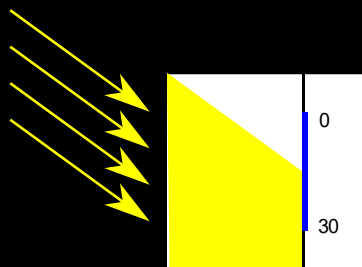
chyba z elmag. rušení



#30558, $l = 28$ mm, $\varphi = 90^\circ$, CW

Výsledky měření – čas nad prahem (ToT)

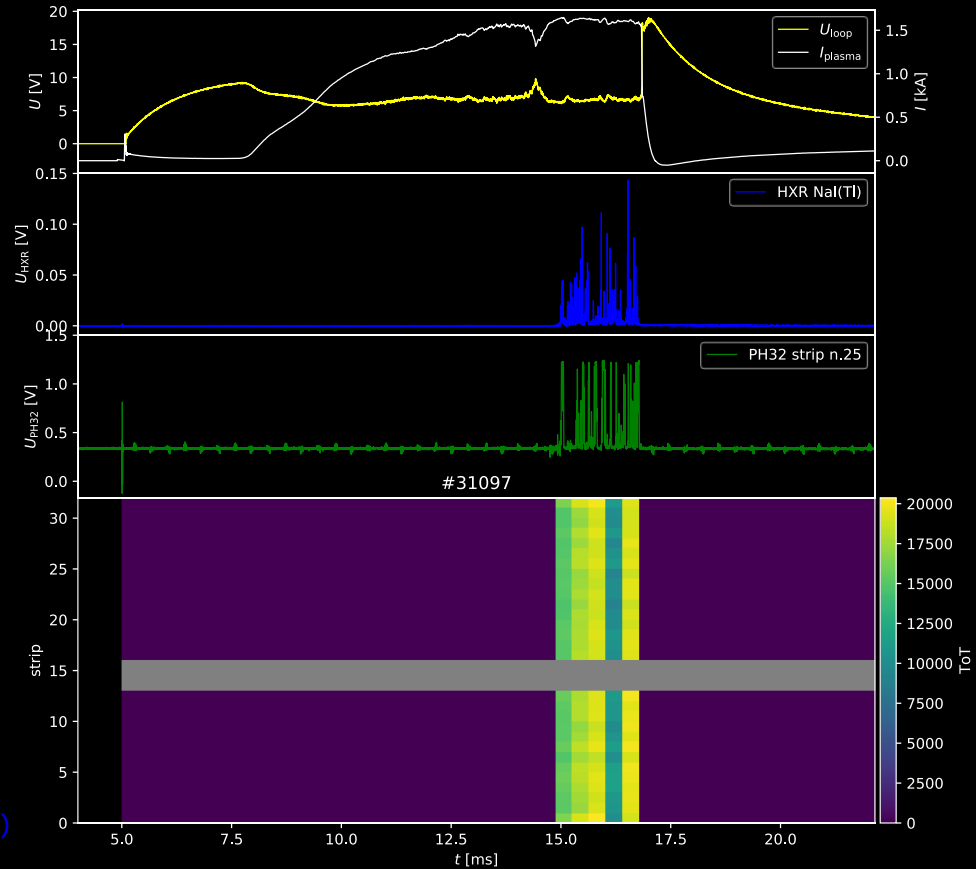
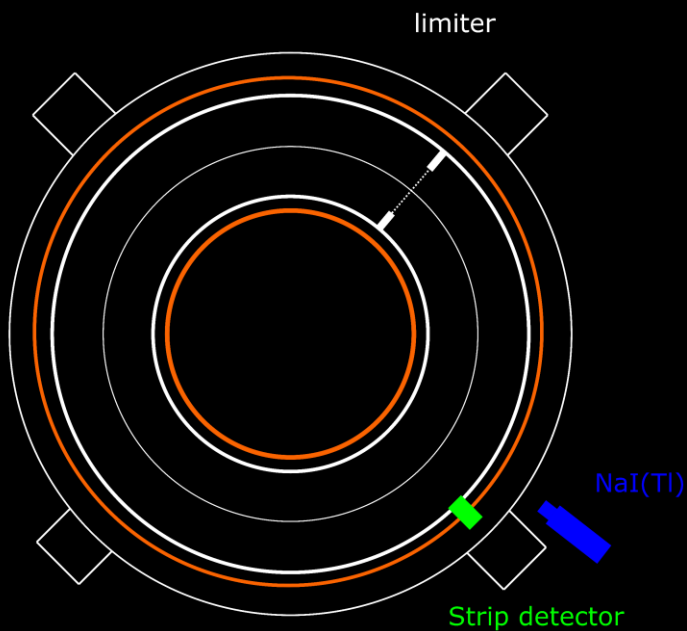
- prostorové rozložení signálu



#31052, $l = 16$ mm, $\varphi = -90^\circ$, CW

Výsledky měření – čas nad prahem (ToT)

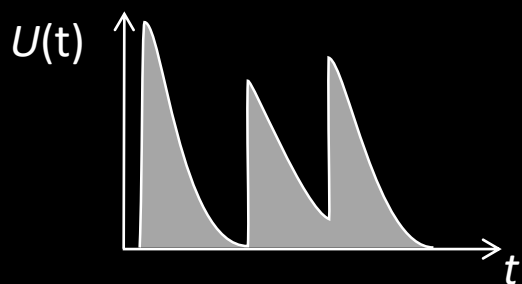
- změna uspořádání
- scintilátor vedle portu s polovodičovým detektorem
→ větší shoda



#31097, $l = 25$ mm, $\varphi = 0^\circ$, CW

Zpracování dat z více výbojů

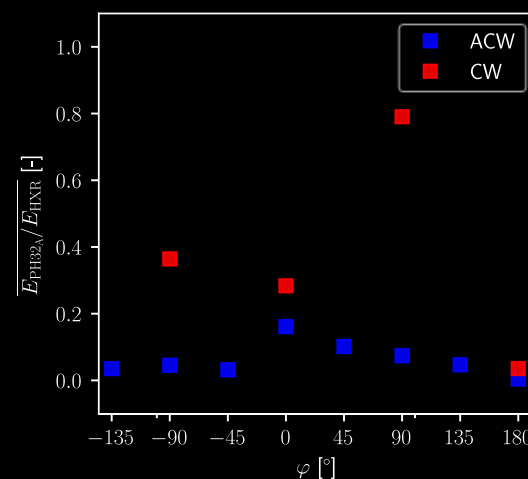
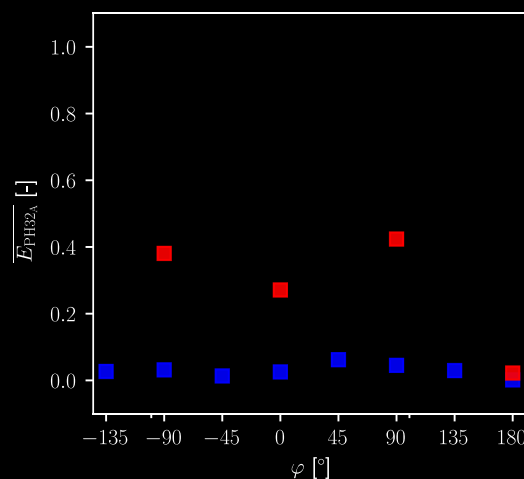
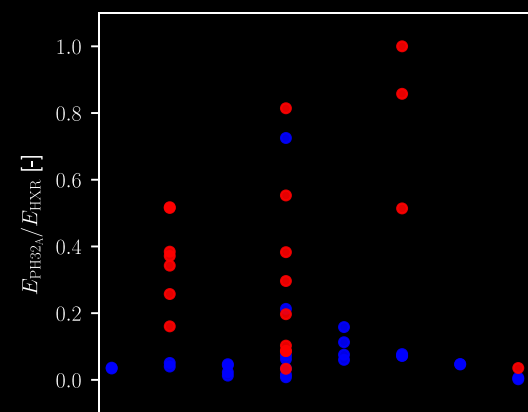
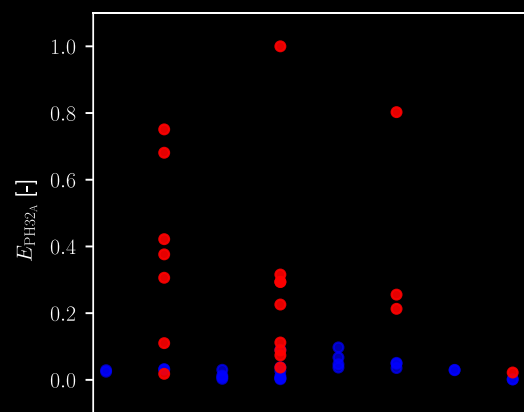
- odhad celkové energie z výboje
- v závislosti na otočení detektoru



$$E_{\text{tot}} \approx \sum_i^n U_i$$

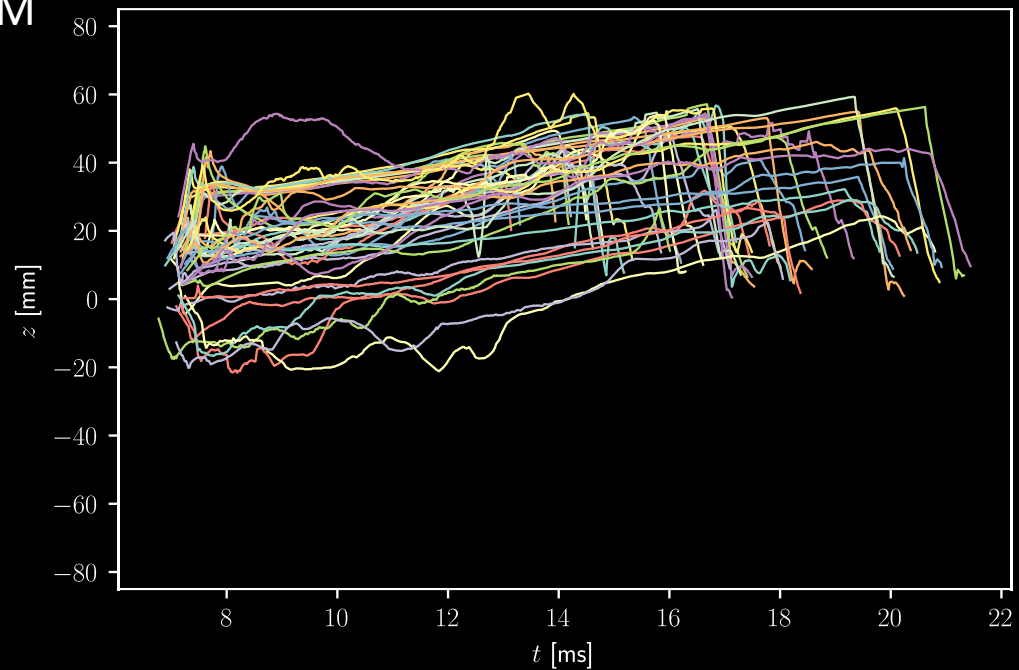
→ E_{PH32}

→ E_{HXR}



Poloha plazmatu

- plazma v tokamaku GOLEM má tendenci driftovat k horní části komory
- možné vysvětlení prostorového rozdělení



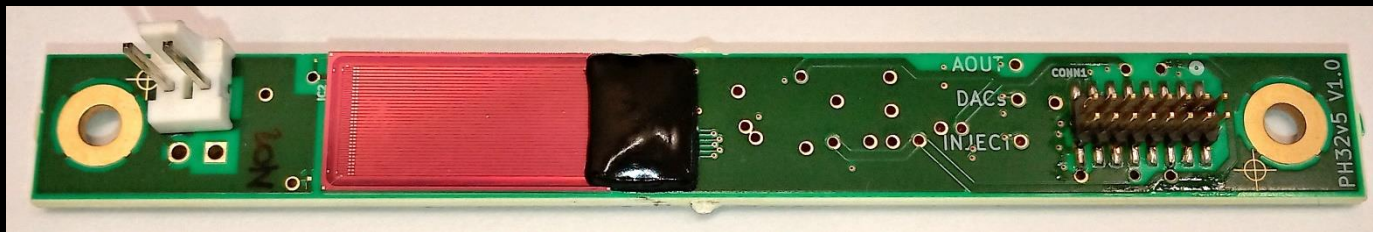
vertikální poloha plazmatu, data z Mironových cívek

Shrnutí dosavadních výsledků

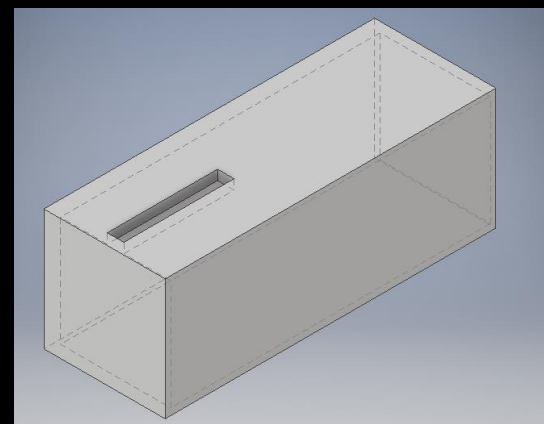
- analogový výstup je porovnatelný s výstupem scintilátoru
- zaznamenaná prostorová závislost v rámci jednoho a více výbojů

Plány do budoucna

- menší detektor
- vylepšení elektromagnetického stínění, stínění proti záření
- použití pinhole → lepší prostorové rozlišení



starý a nový detektor



návrh stínění s pinhole

Děkuji za pozornost

Reference:

- H. Dreicer, *Electron and Ion Runaway in a Fully Ionized Gas. I*, doi: 10.1103/PhysRev.115.238.
- G. F. Knoll, *Radiation detection and measurement*, ISBN: 0471073385.
- Z. Janoska, M. Carna et al., *Measurement of ionizing particles by the PH32 chip*, doi: 10.1109/NSSMIC.2015.7581968.