

Vývoj detektoru času průletu vysokoenergetických částic

Development of high energy particle time-of-flight detector

Školitel: Mgr. Libor Nožka, Ph.D., prosinec 2023

Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Společná laboratoř optiky

obor Aplikovaná fyzika

Předkládaná dizertační práce je z oboru měřicí techniky pro experimenty v CERN, přesněji projekt ATLAS na urychlovači LHC. Vývoj časovacího detektoru průletu vysokoenergetických částic a jeho postupné úpravy pro dosažení optimálního časového rozlišení je důležitý pro úspěšný průběh plánovaných experimentů.

Práce představuje podrobný popis vývoje detektoru, signálových a měřicích modulů, jejich parametrizaci a ohodnocení. Jsou zde popsány výhody i nevýhody jednotlivých řešení z pohledu propagace signálu, úrovní a zdrojů šumu, a celkového zpracování signálů z fotonásobičů. Samotná práce má 150 stran a skládá se z úvodu, 8 kapitol včetně závěru, seznamu symbolů a zkratk, seznamu zdrojů, a dvou příloh.

První tři kapitoly popisují detekční principy registrace průletu částic pomocí Čerenkovova záření, návrh původního systému (před významným zapojením doktoranda do příprav experimentu) s popisem dílčích modulů a metod. Od strany 59 je pak uveden nový systém AFP-ToF (vylepšený systém ATLAS Forward Proton – Time of Flight). Jedná se o popis výroby a testování detektoru a následné elektroniky. Testování bylo prováděno převážně pomocí laserových pulzů s délkou v řádu ps a fs. Cílem prezentovaných činností je dosažení přesné znalosti příletu částice do detektoru (resp. průlet detektorem) maximálně v řádu několika desítek ps. Další tři kapitoly od strany 113 pak popisují sestavování a kompletaci dílčích částí do vyšších celků a jejich komplexnější charakterizaci s nutným otestováním před vlastním experimentem. Tímto se minimalizuje (cíleně vyloučí) možné poničení zařízení během experimentu a zaručí dlouhodobě stabilní parametry detektoru. Jedná se zde o

přípravu na nový experiment s dosud nejvyšší luminositou svazku 20 MHz – lepší očekávané výsledky jsou predikovány na základě testů a výpočtů.

Komentáře:

I když se vždy v takovýchto experimentech jedná o kolektivní činnost v rámci kolaborace, hlavním přínosem autora dizertační práce je vývoj a optimalizace optických částí detektoru a prvků zpracovávající elektrický signál. Vše je dokládáno výpočty, grafy a analýzou dat. Přínos autora práce do oboru je zde velmi patrný, o čemž svědčí také autorovy prvoautorské i spoluautorské publikace. Uváděné postupy a principy jsou přenositelné i na podobně probíhající fyzikální experimenty.

Práce je psaná anglicky, srozumitelně, pečlivě a terminologicky, s minimem překlepů, nicméně gramatický styl si osobně nedovolím hodnotit.

V mnoha případech se autor práce potýkal s testováním jednotlivých částí na limitu použitelnosti prvků, s nutností ověření parametrů specifikovaných výrobcí – limity napěťové, frekvenční apod., ale i například ovlivnění životnosti, či s dlouhodobou dostupností prvku na trhu.

Autor vytvářel teoretické předpoklady měření, které následně testoval a ověřoval experimentálně – ještě před vlastním nasazením v experimentu se svazkem. Jednotlivé kroky práce obsahují důkladný popis všech úvah a vyloučení nežádoucích vlivů.

Některé obrázky se sdruženými grafy (2-3-4 v jednom) mají velmi malé a těžko čitelné písmo os, popisků a legendy.

Viz. obrázek 4.32: stejný principiální řez mikrokanálovým fotonásobičem je na obrázku 3.13 b).

Dotazy:

1. Viz obrázky 1.2 a 7.1 s vyznačením rozložení AFP stanic na LHC. Jak zásadní je umístění FAR a NEAR stanic v uváděných vzdálenostech cca 217 m resp. 205 m od interakčního bodu? Proč je jejich vzájemná vzdálenost tak malá v porovnání se vzdáleností od interakčního bodu?
2. Z jakého materiálu je ocelové okýnko tloušťky 300 μm v bloku AFP komory, viz text na str. 31? Tímto prochází detekované vysokoenergetické částice? Dochází zde k nějaké pozorovatelné degradaci?
3. Jaký je význam první věty na straně 47 „PMTs used by AFP-ToF is therefore 30 – 35 ps.“ Jedná se o měření TTS (Transit Time Spread)? Jak byly měřeny výsledky uváděné na obrázku 3.20?

4. Je možné prezentovat reálné pulzy z experimentu, zmiňovány jsou na straně 48, sekce 3.5.1. Kdy se nejedná o testovací měření s pulzy z laseru. Na straně 77 nahoře jsou zmiňovány tzv. afterpulzy, lze je prezentovat? Na obrázku 4.33 je testovací pulz, na obrázku 4.34 je tedy už reálný pulz z experimentu? Zde označovaný „waveform“ se zvlněním? Prosím o ujasnění.
5. Proč se pro stínění HV vodičů a děliče použila niklová páska? Viz strana 70.
6. Návrh a výroba nově zapouzdrěného předzesilovače z obrázku 4.57 je dle návrhu doktoranda? Jak je provedena samotná realizace, vnitřní zapojení?
7. Ve vlastním experimentu jsou již tedy významnější pulzy z CFD modulu, pro celková časová měření, jak se uvádí na str 107, část 4.10.1 a na straně 112 nahoře? A to jak z pohledu amplitudového, tak časového rozlišení? Jaké jsou napěťové úrovně pro pulz přímo z PMT a z CFD modulu? Na straně 133 se uvádí práh CFD 150 mV. Ovlivňují zmiňované afterpulzy nějak zpracování signálu CFD modulem (metodou)?

Závěr:

V práci jsou použity výsledky celkem jedenácti publikací autorem označených jako významné pro práci, kde autor přispěl svou činností. Z toho tři publikace jsou prvoautorské v rámci doktorského studia (dvě v časopise s impaktním faktorem). To považuji za výrazný odborný přínos a demonstraci získaných znalostí. Autor už v oblasti výzkumu obhájil i diplomovou práci. Správností a důležitostí získaných výsledků doktorand demonstruje plánované nasazení AFP-ToF systému. Také je zde důležitá úloha doktoranda v týmu zajišťující experiment (jak je v práci zmiňováno).

Předloženou dizertační práci doporučuji k obhajobě.

V Olomouci dne 24. 1. 2024

oponent

doc. RNDr. Jiří Pechoušek, Ph.D.

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra experimentální fyziky

585 634 167 | 585 631 415

jiri.pechousek@upol.cz