

Recenze disertační práce Ing. Lukáše Opálky

On-line mapování sekundární radiace v průběhu hadronové terapie

Student doktorského studijního programu „Biomedicínská a klinická technika“ katedry přírodovědných oborů Fakulty biomedicínského inženýrství (FBMI) ČVUT v Praze Lukáš Opálka se ve své disertační práci věnuje problematice sledování průběhu hadronové terapie prostřednictvím sledování sekundárního záření vznikajícího v průběhu ozařování s využitím moderních polohové a energeticky citlivých pixelových detektorů Timepix. Cíle práce lze shrnout takto:

- A) Porovnat experimentální data drah energetických iontů se simulací, výpočet LET.
- B) Provést měření sekundární radiace vznikající v malém tkáňově ekvivalentním terčíku.
- C) Provést měření čistoty svazku: Bude provedeno rozpoznání jednotlivých iontů přítomných ve svazku.
- D) Pomocí metody zpětné projekce drah sekundárních částic provést rekonstrukci polohy svazku.
- E) Sumarizovat výsledky a navrhnout jejich využití v praxi.

Obsah práce:

Disertační práce o rozsahu 102 stran je sepsána v českém jazyce a je opatřena anglickým abstraktem. Práce je přehledně rozdělena do 7 kapitol. První dvě kapitoly jsou rešeršní a jsou věnovány úvodu do problematiky hadronové terapie a popisu detektorů Timepix včetně jeho vlastností pro trasování nabitých částic.

Třetí kapitola se zabývá naplněním cíle A) tj. porovnání experimentálních dat získaných při měřeních stop energetických iontů detektorem Timepix s Monte-Carlo simulací. Byla provedena měření pro protony o energiích 135 a 221 MeV vstupujícími do sensoru pod různými úhly. Pro zaznamenané stopy částic byla vypočtena hodnota LET, která byla porovnána s hodnotami vypočtenými simulačním programem SRIM. Byla zjištěna velmi dobrá shoda.

Čtvrtá kapitola je věnována měření sekundární radiace vznikající v malém tkáňově ekvivalentním vzorku při průchodu primárního uhlíkového svazku o energii 430 MeV/u (MeV na nukleon). Cílem bylo určit zastoupení jednotlivých typů sekundárních částic podle LET a jejich úhlové rozdělení. Tohoto cíle bylo dosaženo včetně částečné identifikace typů částic (elektrony, protony, deuterony a těžší fragmenty).

Pátá část práce se zaměřuje na mapování čistoty terapeutického iontového svazku. Měření byla provedena ve svazku uhlíkových iontů o energii 340 MeV/u o průměr svazku měl pološířku 10 mm. Ve svazku bylo zjištěno celkem 6 typů částic s různým LET a různým tvarem stopy. LET těchto částic odpovídá iontům o nižší hmotě, ale stejném poměru hmoty a náboje. Jen tyto částice se udrží ve svazku a projdou separačními a fokusačními magnety. Těmito částicemi tedy mohou být jediné ^2H , ^4He , ^6Li , ^8Be , ^{10}B a ^{12}C což přesně odpovídá experimentu. Dále bylo zjištěno, že zastoupení primárních částic a kontaminace se mění napříč profilem svazku. Největší podíl kontaminace je na periférii svazku.

V poslední kapitole experimentální části práce autor pomocí experimentálních dat ukazuje metodu zobrazení místa interakce primárního svazku se vzorkem. Výsledky této části jsou vynikající.

V závěru práce je navrženo uspořádání experimentu a metoda zpracování dat pro on-line monitorování průběhu hadronové terapie. Tento systém by mohl současně vyhodnocovat správné zaměření svazku v těle pacienta a parametry svazku.

Hodnocení:

Doktorand se dobře zorientoval v problematice polohově citlivých polovodičových detektorů a velmi důkladně se seznámil s vlastnostmi detektoru Timepix. V průběhu celého studia pracoval velmi dobře jako součást vědeckého týmu ÚTEF, v jehož rámci se specializoval a samostatně řešil úkoly spojené s měřením odezvy detektoru na rychlé ionty a zpracováním naměřených dat. Doktorand velmi dobře spolupracoval se zahraničními vědeckými partnery při provádění náročných experimentů na špičkovém pracovišti hadronové terapie v Heidelbergu.

Dobré výsledky jeho práce jsou dokumentovány nadstandardním počtem sedmi vědeckých publikací v impaktovaných mezinárodních časopisech a příspěvky na mezinárodních vědeckých konferencích.

Disertační práce je napsána velmi srozumitelně v českém jazyce bez zbytečného zabíhání k méně podstatným detailům. Je přehledně rozčleněna do kapitol a odstavců. Je opatřena všemi náležitostmi včetně obsáhlého seznamu referencí na práce jiných autorů.

Práce dobře pokrývá vytyčené cíle, působí uceleným dojmem a svým rozsahem překračuje běžný standard. O dobré kvalitě práce studenta svědčí i mezinárodní ohlasy vyjádřené citacemi jeho publikací v pracích jiných autorů (celkem 56 citací¹).

Disertační práci doporučuji k obhajobě.



Ing. Jan Jakůbek PhD.

¹ citace podle pořadí článku: 11, 8, 9, 10, 8, 10 a 0