

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor: Jakub Bucko

Název práce: Simulation and measurement of microchannel photomultiplier (MCP-PMT) treated by deposition of a protective atomic layer (ALD)

Studijní program a obor: Particle and Nuclear Physics

Rok odevzdání: 2023

Jméno a tituly oponenta: Vjaceslav Georgiev, doc. Dr. Ing.

Pracoviště: Západočeská univerzita v Plzni, Elektrotechnická fakulta, katedra Elektroniky a Informatiky

Kontaktní e-mail: georg@fel.zcu.cz

Odborná úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

- originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

- veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/oponenta:

Oponentský posudek diplomové práce Jakuba Bucko

Autor Jakub Bucko řeší ve své práci problematiku modelování a simulace. Předmětem modelování a simulace je Microchannel Plate s vrstvou ALD (MCP) a posléze i MCP PMT. Práce je napsána v anglickém jazyce.

V úvodu práce autor podrobně popisuje konstrukci klasického fotonásobiče, aby mohl zdůraznit výhody a nevýhody fotonásobiče s Microchannel Plate (MCP). Zvláště podrobně je pak rozebrána funkce MCP. Autor se nevydal cestou vytvoření vlastního modelu MCP, ale použil modely již známé z literatury a snažil se jejich chování přiblížit co nejlépe realitě. Díky dlouholeté práci autorova supervizora v oblasti časových detektorů v CERNu, mohl vycházet při tvorbě a modifikacích modelů z reálných základů a skutečných naměřených hodnot.

Giudicotti's model, který autor zvolil jako první při modelování a simulaci, je uveden v kapitole 2.2.1.

Ověřování funkčnosti modelu Giudicottiho proběhlo úspěšně. Numerický výpočet rovnic (2.1 až 2.5) dává výsledky pro zisk a dané délky kanálku, kde je patrná saturace, jak ukazuje obrázek 2.1 (c) původní práce i obrázek 2.2 (c) práce autora. Autor dále provedl úvahu nasazení simulace Monte Carlo.

Druhým modelem, který autor implementoval, nazývaný kvazianalytický, vychází oproti prvnímu modelu (který vychází z makroskopického pohledu a pracuje s proudy), z pohledu mikroskopického a pracuje navíc s elektrickým polem. Protože úvaha o zbytkové energii elektronu, která není vyšší než 0,5 MeV je reálná, pracuje autor s ne relativistickými vztahy. Autor odvozuje algoritmus pro kolize

elektronů v kanálku, jak ukazuje obrázek 2.6. Za předpokladu, že rychlosti elektronů v osách x a z jsou konstantní se výpočet značně zjednoduší a kolizní čas je pak uveden v rovnici (2.15) a energie kolizní elektronu v rovnici 2.17. Elektrické pole je nejdříve uvažováno jako paralelní s kanálkem a v dalším odvozování se autor soustředí na odklonu vektoru elektrického pole od osy kanálku. V tomto případě již rychlost elektronu v ose z není již konstantní. Pak řešení vede na kvadratickou rovnici 2.29, která je řešitelná jak analyticky, tak numericky. Z dosažených vztahů byl učiněn pokus o model, který bude pracovat podle autorem navržených čtyř bodů na straně 26. Model dává stejné výsledky jako model Guest, tedy vztah mezi sekundární emisí, kolizní energií a kolizním úhlem. V závěru kapitoly 2.3.1 je uvedena rotační matice pro návaznost trajektorie letu elektronu po kolizi, protože vztahy jsou odvozeny pro trajektorie z bodu (0,0,0). Nicméně všechny výpočty pracují pouze pro kladné či nulové hodnoty vektoru x . Kvazianalytický model neuvazuje interakci mezi elektrony.

Posledním úpravou, kterou se autor zabýval je PIC model, který zavádí pro řešení diskretní čas. Podle dosažených výsledků lze konstatovat, že experimentální a simulovaný výsledek vykazují velké procento shody, jak dokazuje obrázek 2.10.

V závěru byl použit profesionální software COMSOL Multiphysics a Furman-Pivi model. Autor zvolil implementaci pomocí C/C++ jazyka a dynamické knihovny DLL místo implementace pomocí Matlab. Vše bylo provedeno výhradně v prostředí LINUX. Obojí implementace má výhody i nevýhody. Autor nebyl úplně spokojen s výsledky simulací. Výsledky uvedené v práci jsou ověřením funkčnosti implementační metody C/C++ použité autorem na jednoduchém (ne Furman-Pivi modelu) modelu. Přínosem je možnost nastavení úhlu elektrického pole. Výsledky na obrázcích 2.24, 2.25 a 2.26 ověřují předpoklad větší výtěžnosti při úhlu 15° . Souhlasím s autorovým tvrzením, že Furman-Pivi model řešený v COMSOL Multiphysics dává větší potenciál přiblížení modelu realitě a tedy komplexnější pohled na děje v Microplate a jeho možných modifikacích.

Práce má dobrou strukturu, autor postupuje od obecného ke konkrétnímu výsledku. Práce je napsána v dobré angličtině s minimem překlepů a pravopisných chyb (místo Furman-Pivi Firman-Pivi v závěru, který nemá desetinné označení kapitoly).

Jediné co lze autorovi vytknout je, že šetří v rovnicích s uváděním jednotek jednotlivých veličin. Nicméně v grafech jsou pak uvedeny.

Práci doporučuji k obhajobě a hodnotím známkou

V Plzni 27.8.2023

Vjaceslav Georgiev

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

1. Jak složité a kolik času by, do Vámi programovaných převzatých modelů, bylo doplnit v simulaci možnost orientace elektrického pole v obecném úhlu?
2. V modelu použitém pro COMSOL Multiphysics® jste použil Furman –Pivi model. Můžete vyzvednout hlavní nedostatky tohoto modelu ve srovnání s předchozími?

Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

Místo, datum a podpis oponenta:

V Plzni 27.8.2023

Vjaceslav Georgiev

A handwritten signature in blue ink that reads "Vjaceslav Georgiev". The signature is written in a cursive, flowing style with a blue color.