



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-0321-11

Nové polovodičové detektory neutrónov

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Andrea Šagátová, PhD.**

Príjemca

Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Ústav jadrového a fyzikálneho inžinierstva, Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave
2. Elektrotechnický ústav Slovenskej akadémie vied v Bratislave a detašované pracovisko v Piešťanoch
- 3.
- 4.
- 5.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Ústav technické a experimentální fyziky Českého vysokého učení technického v Praze, ČR
2. Ústav fotoniky a elektroniky Akademie věd České republiky v Praze, ČR
- 3.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

- 1.
- 2.
- 3.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. ŠAGÁTOVÁ, A., ZAŤKO, B., SEDLÁČKOVÁ, K., NEČAS, V., DUBECKÝ, F., BOHÁČEK, P., CHODÁK, I.: Semi-insulating GaAs detectors optimized for fast neutron detection,. J. Instrument. 8 (2013) C03016.
2. SEDLÁČKOVÁ, K., ZAŤKO, B., ŠAGÁTOVÁ, A., NEČAS, V., : Monte Carlo simulations of the particle transport in semiconductor detectors of fast neutrons,. Nuclear Instr. Methods Phys. Res. A 709 (2013) 63-67.
3. ZAŤKO, B., SEDLAČKOVÁ, K., DUBECKÝ, F., ŠAGÁTOVÁ, A., BOHÁČEK, P., NEČAS, V.: Semiconductor detector based on 4H-SiC and analysis of its active region thickness. In

4. ŠAGÁTOVÁ, A., ZAŤKO, B., SEDLAČKOVÁ, K., DUBECKÝ, F., BOHÁČEK, P., NEČAS, V.: Influence of Active Volume on Detection Efficiency of GaAs Neutron Detectors. In: ASDAM 2012 : The Ninth International Conference on Advanced Semiconductor Devices and Microsystems, Smolenice, 11-15 November 2012. - : IEEE CFP12469-PRT, 2012. - ISBN 978-1-4673-1195-3. - p. 147-150.

5. ZAŤKO, B., DUBECKÁ, F., ŠAGÁTOVÁ, A., SEDLAČKOVÁ, K., BOHÁČEK, P., SEKÁČOVÁ M., and NEČAS V.: Detector of Fast Neutrons Based on Silicon Carbide Epitaxial Layers. In: ASDAM 2012 : The Ninth International Conference on Advanced Semiconductor Devices and Microsystems, Smolenice, 11-15 November 2012. - : IEEE CFP12469-PRT, 2012. - ISBN 978-1-4673-1195-3. - p. 151-154

Uplatnenie výsledkov projektu

Malé, kompaktné a radiačne odolné detektory neutrónov na báze 4H-SiC a semi-izolačného (SI) GaAs nájdu uplatnenie v mnohých oblastiach vedy a techniky: kozmický výskum, časticová fyzika, termionukleárne reaktory, radiačná bezpečnosť, materiálový výskum, jadrová energetika či neutrónové zobrazovanie. Nami vyvinuté nové 4H-SiC detektory s konverznými vrstvami sa podľa dosiahnutých výsledkov jednoznačne vyznačujú vyššou detekčnou účinnosťou neutrónov ako detektory bez konverznej vrstvy. Táto skutočnosť platí aj pre testované GaAs detektory. Výrazným prínosom projektu, je uplatnenie MCNPX výpočtového kódu pre simulácie vlastností polovodičových detekčných štruktúr. Naša členka riešiteľského kolektívu, K. Sedlačková, je jedným z prvých vedcov používajúcich daný kód pre simulácie detekcie žiarenia polovodičovými štruktúrami a počas riešenia projektu sa stala najskúsenejšou v tejto oblasti. Dôkazom sú žiadosti na jej adresu o pomoc pri simulovaní podobnej problematiky kolegov zo zahraničia, žiadosti o recenzovanie príspevkov do vedeckých časopisov z danej problematiky ako aj citácie jej vedeckých článkov.

CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Počas riešenia projektu boli pripravené a otestované funkčné detektory neutrónov na báze 4H-SiC a semi-izolačného (SI) GaAs s dvoma rôznymi typmi konverzných vrstiev: 6LiF pre tepelné neutróny a HDPE pre rýchle neutróny. Nameraním spektier neutrónov pri použití oboch konverzných vrstiev sme splnili jeden z hlavných cieľov projektu. Navyše, oba typy detektorov s HDPE konverznou vrstvou boli testované nielen na plánovanom PuBe zdroji spojitého spektra neutrónov ale aj efektívnejšie na monoenergetickom zdroji rýchlych neutrónov s využitím urýchľovača a DT jadrovej reakcie, ktorý má o dva rády vyšší výtlačok neutrónov ako náš PuBe zdroj. Aplikácia konverzných vrstiev jednoznačne zvýšila detekčnú účinnosť neutrónov pre všetky kombinácie detektorov a konverzných vrstiev. Aplikácia konverzných vrstiev na SiC detektory nemala žiaden vplyv na ich elektrofyzikálne vlastnosti (voltampérové charakteristiky). V prípade GaAs detektorov došlo k miernym zmenám v závernom prúde detektora, ktoré však nemali negatívny vplyv na funkčnosť takto pripravených detektorov. Využitím programu MCNPX pre optimalizáciu realizovaných experimentov sme naplnili druhý hlavný cieľ projektu. Výpočtovým kódom sme určili optimálnu hrúbku konverzných vrstiev pre používané zdroje neutrónov, ktoré boli v dobrej zhode s experimentálnymi výsledkami. Detektory s optimálnou hrúbkou konverznej vrstvy určenej MCNPX kódom dosiahli najvyššiu detekčnú účinnosť neutrónov. Simulácie odozvy 4H-SiC a SI GaAs vyvinutých detektorov na neutróny zohľadnili aj hrúbku aktívnej oblasti detektora, ktorá sa mení úmerne aplikovanému závernému napätiu na detektore. Opäť bolo možné pozorovať dobrú zhodu medzi simuláciami a experimentálnymi výsledkami.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

During solving our project, there were prepared and tested functional detectors of neutrons based on 4H-SiC and semi-insulating GaAs with two different types of conversion layers: ${}^6\text{LiF}$ for thermal neutrons and HDPE for fast neutrons. We have fulfilled one of main project objective by measuring spectra of neutrons using both types of conversion layers on both types of semiconductor materials. Moreover, both types of detectors with HDPE conversion layer were tested not only using planned PuBe source of continuous spectrum of neutrons but also more effectively using mono-energetic source of neutrons based on accelerator and Deuterium-Tritium nuclear reaction with two orders higher neutron yield. Application of neutron conversion layers positively increased neutron detection efficiency for all combinations of conversion layers and semiconductor detector materials. Application of conversion layers on SiC detectors did not affect their electro-physical properties, in the case of GaAs, we could observed slight changes in detector reverse current, which did not affect their functionality in any negative way. We have fulfilled the second main project goal utilizing MCNPX code for optimization of our experiments. The optimal conversion layer thicknesses for used neutron sources were determined by the MCNPX obtaining very good agreement with experimental results. The SiC and GaAs detectors with conversion layers of an optimal thickness, determined by MCNPX code, obtained the highest neutron detection efficiency. The MCNPX simulations of expected response of developed SiC and GaAs neutron detectors considered also the thickness of detector active volume, which increases proportionally to reverse applied voltage to detector, and showed good correlation with experimental results.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

Zodpovedný riešiteľ

doc. Ing. Andrea Šagátová, PhD.

V Bratislave 27. 01. 2016

Štatutárny zástupca príjemcu

prof. Dr. Ing. Miloš Oravec

V Bratislave 27. 01. 2016

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu