

# Didelės galios lazerinės spinduliuotės sukurtų rentgeno spindulių srauto matavimas CMOS kameros dozimetru

## CMOS camera based dosimeter for measuring X-Ray flux emitted via high power laser radiation

Jonas Jeffrey Haist<sup>1</sup>, Anton Koroliov<sup>2</sup>, Artūras Plukis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9, III rūmai, LT-10222 Vilnius

<sup>2</sup>Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius  
[jonas.haist@ff.stud.vu.lt](mailto:jonas.haist@ff.stud.vu.lt)

CMOS (complementary metal-oxide semiconductor) kameros jutiklio pagalba galima aptikti, atvaizduoti ir kiekybiškai įvertinti jonizuojančios spinduliuotės daleles [1], gama ar rentgeno kvantus.

Optinis dozimetras buvo sukurtas panaudojus IMP kameros CMOS jutiklį (*Arducam*), nuo kurios buvo pašalintas objektyvas ir IR spinduliuotės filtras, paliekant atidengtą 9.62 mm<sup>2</sup> ploto silicio detektorių. Detektorius buvo patalpintas į 3D spausdintuvo pagalba atspausdintą plastikinį korpusą, kurio dangtelyje buvo paliktas 100 mm<sup>2</sup> ploto langelis jonizuojančiai spinduliuotei praeiti. Modulis buvo ekranuotas nuo mažesnio dažnio nei rentgeno spinduliai elektromagnetinės spinduliuotės. Prietaisas buvo prijungtas prie *Raspberry Pi 4* mikrokompiuterio. Kiekvieno matavimo metų buvo daroma po 200 DNG formato nuotraukų, kurios vėliau buvo apdorojamos *Python* kalba parašyta programa. Gauti rezultatai parodė matavimo metų užregistruotų elektringųjų dalelių arba fotonų skaičių.

Įrangos kalibravimas buvo atliktas naudojant du Sr-90 beta spinduliuotės šaltinius.

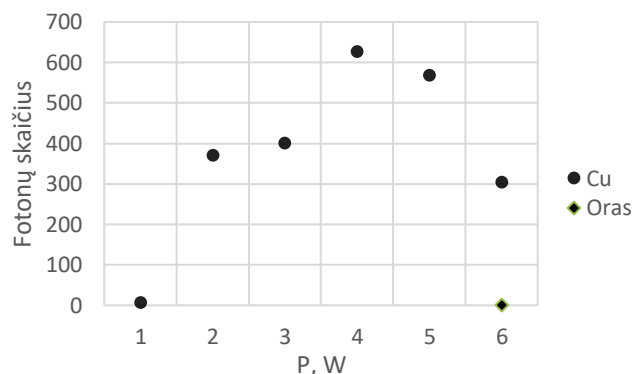
1 lentelė. Kalibravimo šaltinio teoriškai įvertinto ir išmatuoto aktyvumo palyginimas

Kalibracijos nr	Teoretinis aktyvumas	Gautas aktyvumas	Paklaida, %
1	33.5	35.1	5
2	13.8	14.9	8

Atlikus kalibravimą ir įsitikinus prietaiso tikslumu, buvo tiriamas didelės galios lazerinės spinduliuotės sukurtas rentgeno spinduliuotės šaltinio srautas. Rentgeno spindulių šaltiniui sukurti naudotas femtosekundinis lazeris *Pharos PHI-SP-1.5mJ (MGF Šviesos Konversija)*, pagrindiniai lazerio parametrai: bango ilgis  $\lambda \sim 1028$  nm, minimali impulso trukmė  $\tau_{min} \sim 158$  fs, didžiausia impulso energija  $E_p \sim 1,5$  mJ, pasikartojimo dažnis  $\nu \sim 4$  kHz. Lazerio spindulys buvo fokusuojamas į 30  $\mu$ m dėmę ant besisukančio varinio disko paviršiaus [2]. Tyrimo metu lazerinės spinduliuotės optinė galia buvo keičiama nuo 1 W iki 6 W, 1W inkrementu. Ties 6 W kaip kontrolinis matavimas, buvo iširtas oro jonizacijos atraminis spektras. CMOS

detektorius buvo pastatytas 320 mm atstumu nuo rentgeno šaltinio. Gauti rezultatai buvo lyginami su rentgeno spindulių spektrometru *Amptek X-123*.

Buvo nustatyta kad CMOS optinis dozimetras užfiksavo intensyvesnį rentgeno spindulių srautą, palyginus su rentgeno spektrometru, kuris prisotindavo prie didesnių lazerio spinduliuotės energijų. Taip pat nustatyta, kad rentgeno spindulių fotonų skaičius pasiekė maksimalią vertę, kuomet lazerio optinė galia buvo nustatyta ties 4 W. Oro jonizacija rentgeno spinduliuotės nesugeneravo.



1 pav. CMOS optinio dozimetru užfiksuoto rentgeno spindulių fotonų skaičiaus priklausomybė nuo lazerio spinduliuotės galios

Padėka: Lietuvos mokslo tarybai už finansavimą projekto „Lazeriu indukuotos jonizuojančiosios spinduliuotės dozimetrija“, Nr. 4 P -SV -23 -386

*Reikšminiai žodžiai: femtosekundinis lazeris, lazeriu sukurta plazma, Rentgeno spinduliai, jonizuojančios spinduliuotės dozimetras.*

### Literatūra

- [1] Niedźwiecki, Michał & Rzecki, et.al. (2019). Recognition and classification of the cosmic-ray events in images captured by CMOS/CCD cameras
- [2] Koroliov, A., Reklaitis, J., Barkauskas, V., Varsockaja, K., Germanas, D., Plukis A., Remeikis, V. Study of K $\alpha$  X-ray flux angular distribution in Cu and KBr targets. Eur. Phys. J. D 76, 171 (2022).