

# Sanjako efektu pagrįstas optinis izoliatorius

## Optical isolator based on Sagnac effect

Jaroslav Kodz, Kęstutis Regelskis, Nikolajus Gavrilius, Julijanas Želudevičius<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius  
[jaroslav.kodz@ftmc.lt](mailto:jaroslav.kodz@ftmc.lt)

Optiniais izoliatoriais yra vadinami prietaisai (optinės sistemos), kurios praleidžia šviesą tam tikra kryptimi, tačiau blokuoja jos sklidimą priešinga [1]. Tokie prietaisai yra naudojami pvz. norint apsaugoti lazerius nuo išsklaidytos ir atgal grįžtančios šviesos, kuri gali sutrikdyti jų veiklą, arba norint išvengti parazitinių signalų interferencijos optinės komunikacijos tinkluose.

Daugumos praktikoje naudojamų optinių izoliatorių veikimo principas yra pagrįstas Faradėjaus efektu [2], kai pirmyn ir atgal skaidria medžiaga sklindančios šviesos poliarizacijos orientacija keičiama išoriniu magnetiniu lauku. Egzistuoja ir kiti fizikiniai reiškiniai leidžiantys realizuoti neapgręžiamą šviesos perdavimą, tokie kaip: Ramano stiprinimas, stimuliuota Brillouino sklaida, parametrinė generacija, dinaminiai procesai (pvz. lūžio rodiklio moduliavimas laike), Fezeau efektas [3]. Šiame darbe, mūsų žiniomis pirmą kartą pasaulyje, pademonstravome naujo tipo optinį izoliatorių, pagrįstą Sanjako efektu. Pradiniam koncepcijos patikrinimui ir efekto pademonstravimui pasirinkome skaidulinę konfigūraciją. Skaidulinis žiedinis interferometras gali būti pagamintas iš ilgos skaidulos, o Sanjako fazės pokytis yra proporcingas skaidulos vijų skaičiui. Tokiu būdu galima ženkliai sumažinti sukimosi greitį. Didelis sukimosi greitis kartu su reikalingu aukštu mechaniniu tikslumu ir stabilumu yra vienas iš sudėtingiausiai praktiškai realizuojamų uždavinių.

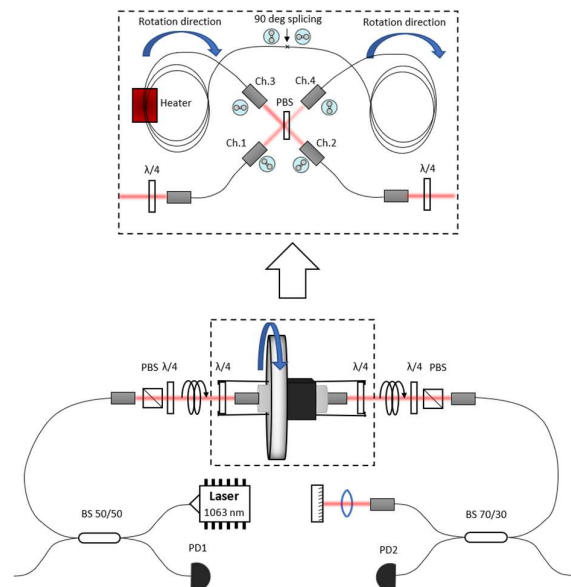
Ankstesniuose tyrimuose buvo sumodeliuotos skaidulinės konfigūracijos izoliatoriaus charakteristikos. Eksperimentiškai buvo išmatuotos skaidulinio Sanjako izoliatoriaus temperatūrinio ir mechaninio fazės skirtumo derinimo konstantos. Imituojant Sanjako efekto sukeltą fazės poslinkį (šildant skaidulą), eksperimentiškai buvo išmatuota skaidulinio Sanjako izoliatoriaus izoliacija 24,2 dB ir pralaidumo nuostoliai tiesiogine kryptimi 2,1 dB. Pagal parametrus tai beveik atitinka standartinio vienos pakopos skaidulinio Faradėjaus izoliatoriaus charakteristikas. Taipogi buvo nustatyta fazės derinimo su temperatūra konstanta - 191 cm °C (skaidulos tipas PM980, Corning);

Tačiau fazės poslinkis indukuotas šildant skaidulą nesukūria neapgręžiamumo sąlygos ir todėl negali būti naudojamas optiniame izoliatoriuje, todėl visas eksperimentas buvo pakartotas sumontavus skaidulinį žiedinį interferometrą ant greitai besisukančio disko. Dėl Sanjako efekto įnešamas fazių poslinkis  $\pm\pi/2$  radianų, kuris yra apskaičiuojamas pagal formulę (1).

$$\Delta\varphi \approx \frac{8\pi S\Omega}{\lambda c} \quad (1)$$

Tarp priešpriešais sklindančių žiediniame interferometre šviesos pluoštų yra įnešamas papildomas fiksuotas fazių poslinkis  $\pi/2$  radianų, rezultate gaunant suminių fazės poslinkį  $\pi$  arba 0 radianų.

Skaidulinio žiedinio interferometro schema yra sudaryta iš dviejų poliarizaciją išlaikančios optinės skaidulos atkarpų, sujungtų taip, kad jų poliarizacijų ašys būtų statmenos. Siekiant skaidulinį žiedinį interferometrą pritaikyti optiniam izoliatoriui, būtina, kad priešingomis kryptimis sklindančios modos būtų statmenai poliarizuotos ir jos interferometre nusklistu vienodus optinius kelius. Papildomai abiejų atkarpų skaidulų ilgių skirtumas yra kompensuojamas pašildant vieną atkarpą.



1 pav. Skaidulinio optinio izoliatoriaus pagrįsto Sanjako efektu optinė schema.

*Reikšminiai žodžiai: optinis izoliatorius, Sanjako efektas, neapgręžiamas šviesos perdavimas.*

### Literatūra

- [1] D. Jalias, A. Petrov, M. Eich, W. Freude, Sh. Fan, Z. Yu, R. Baets, M. Popovič, A. Melloni, J. D. Joannopoulos, M. Vanwolleghem, Ch. R. Doerr, H. Renner, What is - and what is not - an optical isolator, *Nature Photon*, 7(8): 579–582, July 2013.
- [2] A.K. Zvezdin, V.A. Kotov, *Modern Magneto-optics and Magneto-optical Materials*, 1 ed.; Taylor & Francis Group: New York, NY, USA, 1997; pp. 1–109
- [3] Maayani, S., Dahan, R., Kligerman, Y. et al. Flying couplers above spinning resonators generate irreversible refraction. *Nature* 558, 569–572 (2018).