

Syntetyczne hamiltoniany: pole magnetyczne i spin-orbita dla masywnych fotonów.

J. Szczytko¹, M. Król¹, K. Rechińska¹, R. Mirek¹, R. Mazur², P. Morawiak², P. Kula², W. Piecek², M. Matuszewski³, W. Bardyszewski⁴, P. G. Lagoudakis^{5,6}, B. Piętka¹

¹Institute of Experimental Physics, Faculty of Physics, University of Warsaw, Poland

²Institute of Applied Physics, Military University of Technology, Warsaw, Poland

³Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland

⁴Institute of Theoretical Physics, Faculty of Physics, University of Warsaw, Poland

⁵School of Physics and Astronomy, University of Southampton, Southampton SO17 1BJ, UK

⁶Skolkovo Institute of Science and Technology Novaya St.,100, Skolkovo 143025, Russian Federation

*e-mail: Jacek.Szczytko@fuw.edu.pl

Mikrownęki optyczne są miniaturowymi urządzeniami, w których dwa dielektryczne lustra zbliżono do siebie na odległość rzędu długości fali światła (1-2 mikrony). W tego typu rezonatorach optycznych można uzyskać fale stojące (mody) światła, które zachowują się w zupełnie nieoczekiwany sposób – jakby światło miało masę i spin (moment magnetyczny). Opis tego typu fal stojących prowadzi do wielu ciekawych efektów topologicznych – polaryzacja fal propagujących się w tzw. modach wnęki przypomina egzotyczne stany spinowe ferromagnetyków: tzw. skyrmiony. Oddziaływania spin-orbita w układach fotonicznych wykorzystują analogię pomiędzy kwantowo-mechanicznym opisem układów spin-orbitalnych elektronów w ciele stałym, a syntetycznymi hamiltonianami i sztucznymi polami cechowania (ang. *synthetic Hamiltonians, artificial gauges*) wyprowadzonymi dla propagacji fal elektromagnetycznych w określonych strukturach przestrzennych (falowodach, metamateriałach itp). W naszej grupie na Wydziale Fizyki UW udało się zrealizować sztuczne oddziaływanie spin-orbita typu Rashba-Dresselhaus oraz syntetyczne pole magnetyczne (Zeemana) wykorzystując w tym celu mikrownękę optyczną wypełnioną ośrodkiem dwójłomnym wykonaną na Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie.

Nematyczny ciekły kryształ został umieszczony w rezonatorze Fabry-Perota. Długozasięgowy porządek molekuł nematyka prowadzi do silnej anizotropii optycznej. Za pomocą stosunkowo niedużych pól elektrycznych, rzędu kilkunastu woltów, możliwa jest zmiana ustawienia molekuł w przestrzeni. Dzięki kontroli tensora dielektrycznego, a zatem i współczynnika załamania dla różnych polaryzacji światła, modyfikowana jest transmisja i odbicie wnęki. Gdy dwa liniowo spolaryzowane mody o różnej parzystości są ze sobą w rezonansie, analiza teoretyczna dwójłomnego optycznego falowodu prowadzi do opisu analogicznego do oddziaływania spin-orbita w postaci $\hat{H}_{RD} = -2\alpha\hat{\sigma}_z k_y$, gdzie $\hat{\sigma}_z$ jest macierzą Pauliego opisującą polaryzację ("spin") światła a k_y jest składową wektora propagacji światła styczną do wnęki. Parametr Rashby α zależy od właściwości ciekłego kryształu oraz wnęki. Wykonano pomiary tomografii 3D w przestrzeni prostej i odwrotnej (przestrzeni pędów) w celu potwierdzenia wyników uzyskanych bezpośrednio z teorii grup i równań Maxwella dla światła propagującego się w mikrownęce optycznej. Inżynieria oddziaływania spin-orbitalnego w syntetycznych hamiltonianach opisujących światło w mikrownękach otwiera nowe możliwości budowy symulatorów kwantowych (*quantum simulators*) rozwiązujących problemy matematyczne i fizyczne opisane hamiltonianami kwantowymi.

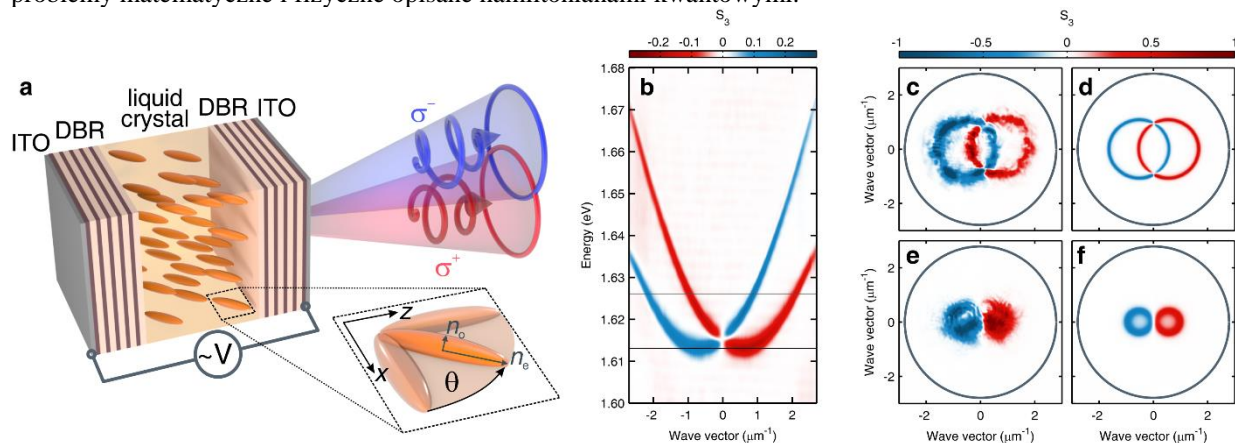


Fig 1. a) Schemat budowy dwójłomnej mikrownęki optycznej i b-f) stopień polaryzacji kołowej (parametr Stokesa S_3) światła przechodzącego w przestrzeni odwrotnej (pędów) b), c), e) eksperyment d), f) obliczenia.

[1] K. Lekenta et al., Tunable optical spin Hall effect in a liquid crystal microcavity. *Light Sci. Appl.* **7**, 74 (2018).

Podziękowania

Niniejsze badania zostały wykonane dzięki częściowemu wsparciu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu "Diamantowy Grant": 0005/DIA/2016/45 i 0109/DIA/2015/44 oraz grantu Narodowego Centrum Nauki 2016/23/B/ST3/03926 oraz grantu Ministerstwa Obrony Narodowej WAT Projekt 13-995.