

Pomiary wiązki o orbitalnym momencie pędu w reżimie niskiej liczby fotonów za pomocą kamery TimePix3

B. Ghosh¹, J. Lewandowski¹, B. Gorzkowski¹, A. Nomerotski^{2,3}, R. Łapkiewicz^{1, †}

¹ Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Pasteura 5, 02-093 Warszawa

² Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, Czech Technical University in Prague, 115 19, Republika Czeska

³ Department of Electrical and Computer Engineering, Florida International University, Miami FL 33199, USA

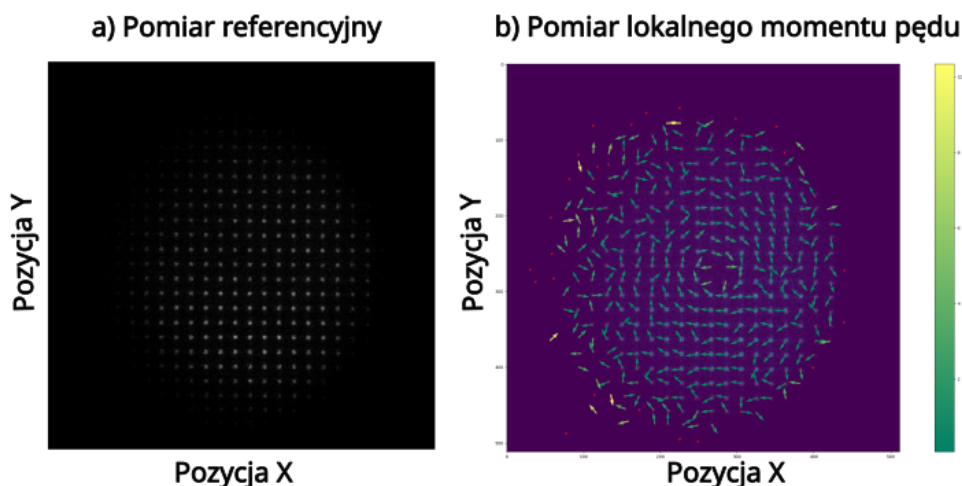
†email: radek.lapkiewicz@fuw.edu.pl

Wiązki światła niosące orbitalny moment pędu (OAM) charakteryzują się helikalnym frontem falowym. W ostatnich latach zaczęły powstawać źródła pojedynczych fotonów, które produkują fotony o niezerowy OAM [1]. W tej pracy przedstawiona jest metoda pomiaru frontu falowego wiązki pojedynczych fotonów. W tym celu zostało wykorzystane źródło obwieszczanych fotonów z spontanicznej parametrycznej konwersji w dół (SPDC) oraz kamera TimePix3 wraz z wzmacniaczem obrazu. Do nadania orbitalnego momentu pędu wiązce, wykorzystano przestrzenny modulator fazy (SLM), który zmieniał front falowy wiązki na wiązkę Gaussowską o helikalnej fazie. Do pomiaru frontu falowego użyto układu Shacka-Hartmanna. [2]

Wiązkę pojedynczych fotonów o częstotliwości koincydencji na poziomie 3500 ± 500 Hz wysłano do układu, gdzie za pomocą SLM nadawano wiązkę różne helikalne fazy. Lokalny moment pędu jest mierzony za pomocą macierzy mikrosoczewek, które próbują wiązkę. Na podstawie pomiarów referencji (pomiar wiązki bez nadanej helikalnej fazy) oraz pomiaru wiązki z orbitalnym momentem pędu, można wyznaczyć przesunięcia przestrzenne ognisk z mikrosoczewek, które odpowiadają za lokalny wektor falowy (który wyznacza lokalny OAM).

Dzięki wykorzystaniu kamery TimePix3, wykonano filtrowanie szumu na podstawie korelacji między sygnałem na chipie kamery, a sygnałem elektrycznym powstałym z pomiaru fotodiodą lawinową (APD) jednego z dwóch fotonów generowanych w procesie SPDC, który obwieszczał przybycie drugiego fotonu na chip kamery. W przypadku wcześniejszej kamery IsCMOS, pomiar wykonywany przy różnych czasach akwizycji – nawet do 72 godzin – nie pozwolił na wystarczające odróżnienie szumu od sygnału, uniemożliwiając wyznaczenie przesunięć ognisk mikrosoczewek między referencją a wiązką niosącą OAM, podczas gdy udany pomiar orbitalnego momentu pędu z kamerą TimePix3 trwał zaledwie 10 minut.

Referencja oraz zaobresowany orbitalny moment pędu jest przedstawiony na rysunku 1.



Rysunek 1: a) Pomiar wiązki pojedynczych fotonów o zerowym orbitalnym momencie pędu (referencja) po przejściu przez macierz mikrosoczewek b) Wyznaczone przesunięcia między referencją, a pomiarem wiązki pojedynczych fotonów z orbitalnym momentem pędu, pęd krąży wokół osi OAM.

Literatura

[1] Cuo Wu et al., *Science Advances* **8**, 2 (2022).

[2] B. Ghosh et al., *Optica* **10**, 1217-1222 (2023).