

WUTScope-FPM - fourierowski mikroskop ptychograficzny jako narzędzie do wysokorozdzielczego obrazowania biomedycznego w szerokim polu widzenia

M. Chlipała¹, P. Arcab¹, M. Cywińska¹, M. Stefaniuk², L. Stanaszek³, P. Zdańkowski^{1,†}

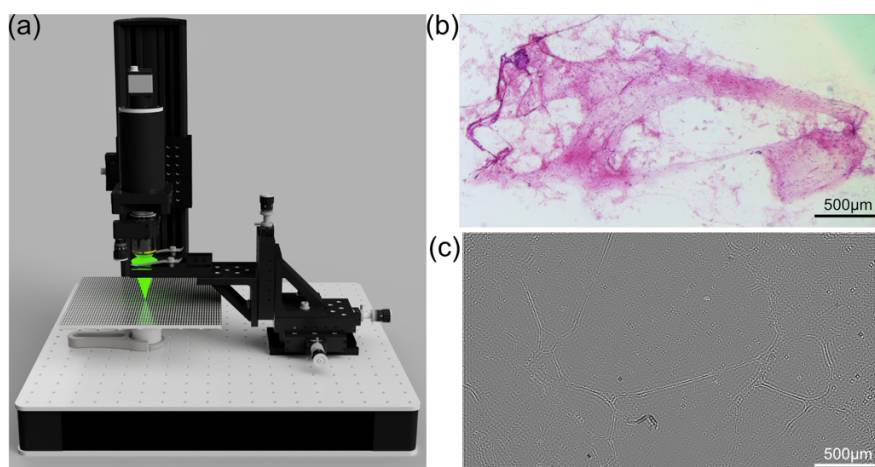
¹Instytut Mikromechaniki i Fotoniki, Wydział Mechatroniki, Politechnika Warszawska, Św. A. Boboli 8, 02-525 Warszawa

²Pracownia Neurobiologii, Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego, Polska Akademia Nauk, Pasteura 3, 02-093 Warszawa

³Zakład Neurobiologii Naprawczej, Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej im. M. Mossakowskiego, Polska Akademia Nauk, A. Pawińskiego 5, 02-106 Warszawa,

†email: piotr.zdankowski@pw.edu.pl

Fourierowska mikroskopia ptychograficzna (FPM) [1] jest techniką mikroskopii obliczeniowej, która wykorzystuje zróżnicowane kątowo oświetlenie do zwiększenia rozdzielczości obrazowania. Wykorzystując technikę apertury syntetycznej w połączeniu z iteracyjnym algorytmem odzyskiwania fazy możliwa jest rekonstrukcja obrazu amplitudowego oraz fazowego o efektywnej apertury numerycznej znacznie wyższej niż apertura obiektywu. Dzięki tym cechom FPM stanowi obiecujące narzędzie do obrazowania biomedycznego, łącząc wysoką rozdzielczość z możliwością pomiaru fazy próbki, przy zachowaniu szerokiego pola widzenia. W pracy przedstawiono opracowany demonstrator mikroskopu WUTScope-FPM, wykorzystujący unikalny programowalny mikrowyświetlacz o wysokiej jasności w roli oświetlacza zamiast tradycyjnie stosowanych matrycy diod LED. Takie rozwiązanie umożliwia dynamiczne sterowanie oświetleniem pod różnymi kątami oraz automatyczną kalibrację bez konieczności stosowania mechanicznego przesuwu oświetlacza. Poprawna kalibracja jest kluczowym elementem układów FPM, ponieważ niepoprawne oszacowanie położenia wzorów oświetlających próbkę może prowadzić do artefaktów w rekonstrukcji ptychograficznej. Rekonstrukcja ptychograficzna jest wspierana algorytmem wykorzystującym konwolucyjne sieci neuronowe z nienadzorowanym procesem uczenia, w celu optymalizacji i redukcji liczby obrazów wymaganych do zarejestrowania (dwukrotne zmniejszenie liczby obrazów). Co więcej, WUTScope-FPM umożliwia rejestrację obrazów dla trzech długości fali (RGB), dzięki czemu można uzyskiwać kolorowe obrazy mikroskopowe oraz analizować próbkę w różnych zakresach widma. Opracowany system pozwala na obrazowanie z efektywnym $NA = 0,78$ dla obiektywu 4x NA0.2, co oznacza znaczącą niemal czterokrotną poprawę zdolności rozdzielczej (rozdzielczość poprzeczna $<500\text{nm}$). Rejestracja pełnego zestawu danych potrzebnych do pełnej rekonstrukcji ptychograficznej trwa mniej niż 1s. System WUTScope-FPM jest wyposażony w przyjazny dla użytkownika interfejs graficzny (FPMapp [2]), i jego obsługa nie wymaga dużego doświadczenia z dziedziny optyki, z powodzeniem może być obsługiwany przez osoby z podstawową znajomością obsługi mikroskopów optycznych. Rys. 1 przedstawia schemat układu WUTScope-FPM wraz z przykładowymi rekonstrukcjami ptychograficznymi.



Rysunek 1: (a) Schemat poglądowy systemu WUTScope-FPM, (b) przykładowa rekonstrukcja ptychograficzna RGB, (c) rekonstrukcja ptychograficzna fazy komórek neuronowych.

Podziękowania i źródła finansowania

Badania opisane w niniejszej publikacji są finansowane przez NCBR w ramach realizacji projektu LIDER14/0352/2023

Literatura

- [1] G. Zheng, C. Shen, S. Jiang, et al. Nature Reviews Physics **3**, 207–223 (2021).
- [2] M. Rogalski, P. Zdańkowski, M. Trusiak, Bioinformatics, **37**, 20, (2021)