

Badanie wysoko rozpraszających obiektów techniką bezsoczewkowej cyfrowej mikroskopii holograficznej

E. Wdowiak^{1,†}, P. Arcab¹, P. Zdańkowski¹, M. Józwik¹, M. Trusiak¹

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

†email: emilia.wdowiak.dokt@pw.edu.pl

Bezsoczewkowa cyfrowa mikroskopia holograficzna (BCM_H) stanowi nieinwazyjne narzędzie do badania właściwości transparentnych obiektów biologicznych i technicznych [1]. Technika opiera się na holografii poosiowej zaproponowanej przez Dennisa Gabora [2] i wykorzystuje interferencję pomiędzy falami rozproszonymi przez próbkę, a nierozproszoną częścią fali oświetlającej.

W prezentowanym badaniu przedstawiono eksperymentalne warunki umożliwiające precyzyjne kontrolowanie poziomu rozpraszania światła. Wykorzystując próbki o znanej charakterystyce optycznej, odtworzono środowiska zbliżone do tych, które typowo występują w obrazowaniu biologicznym — takich jak tkanki, hodowle komórkowe czy materiały porowate. W tego typu próbkach rozpraszanie może wynikać zarówno z samej struktury badanego obiektu, jak i z rozpraszających właściwości medium immersyjnego.

Zastosowanie układu BCM_H w połączeniu z zaawansowanymi metodami numerycznej rekonstrukcji umożliwiło analizę wpływu narastającego poziomu rozpraszania na kluczowe parametry jakościowe obrazów: stosunek sygnału do szumu, dokładność odwzorowania fazy oraz rozdzielczość przestrzenną [3]. Wyniki badania ujawniły wyraźną zależność pomiędzy długością fali promieniowania oświetlającego, dystansem propagacji, a jakością obrazowania w warunkach podwyższonego rozpraszania.

W ramach ilościowej analizy porównano rekonstrukcje dla próbek o niskim i wysokim stopniu rozpraszania, opierając się na metrykach jakości obrazu oraz odniesieniu do warunków standardowych. Zaobserwowano wyraźny spadek dokładności odwzorowania struktur wraz ze wzrostem rozpraszania. Co istotne, standardowe algorytmy rekonstrukcyjne okazały się niewystarczające w silnie rozpraszających środowiskach [4], co wskazuje na konieczność opracowania bardziej zaawansowanych podejść — takich jak algorytmy uwzględniające rozpraszanie wielokrotne czy metody oparte na uczeniu maszynowym.

Zrozumienie wpływu rozpraszania na jakość obrazowania BCM_H ma fundamentalne znaczenie dla dalszego rozwoju tej techniki, szczególnie w zastosowaniach biomedycznych, gdzie próbki często cechuje wysoka złożoność optyczna. Przedstawione podejście stanowi istotny krok w kierunku poszerzenia możliwości BCM_H w obrazowaniu wymagających preparatów, jednocześnie wyznaczając kierunek dla tworzenia bardziej odpornych i adaptacyjnych metod rekonstrukcji obrazu.

Podziękowania i źródła finansowania

Praca finansowana ze środków projektu LIDER NCBR LIDER14/0329/2023.

Literatura

- [1] Wu, Y., & Ozcan, A. (2017). Lensless digital holographic microscopy and its applications in biomedicine and environmental monitoring. *Methods*, 136, 4–16.
- [2] Gabor, D. (1948). A new microscopic principle. *Nature*, 161(4098), 777–778.
- [3] Baek, Y., Lee, K., & Park, Y. (2018). High-resolution long-working-distance reference-free holographic microscopy exploiting speckle-correlation scattering matrix. *Physical Review Applied*, 10(2), 024053.
- [4] Tahir, W., Kamilov, U. S., & Tian, L. (2019). Holographic particle localization under multiple scattering. *Advanced Photonics*, 1(3), 036003.