

[TRUE_QPI] Przestrzenno-czasowe, wysokoprzepustowe ilościowe obrazowanie fazowe 2D/3D z sub-komórkową dokładnością

PI: prof. Małgorzata Kujawińska PW

Komórki są podstawowymi jednostkami definiującymi strukturę i funkcje żywych organizmów poprzez swój wzrost i różnicowanie, interakcję i komunikację, starzenie się i apoptozę itp. Zastosowania badawcze, takie jak analiza biologii komórki, diagnostyka kliniczna i badania przesiewowe leków, wymagają szybkich i nieniszczących badań funkcjonalnych żywych komórek w dużych populacjach (kulturach). Jednakże, badania oparte na poziomie pojedynczych komórek (o sub-komórkowej dokładności) wymagają tysięcy czasochłonnych analiz w celu zbadania całej populacji i są szczególnie uciążliwe w mikroskopowym obrazowaniu fluorescencyjnym ze względu na konieczność znakowania próbek i związaną z tym fototoksyczność. Analiza pojedynczych komórek zyskuje na popularności w naukach przyrodniczych jako skuteczne narzędzie umożliwiające fundamentalne i systematyczne badania składu biologicznego i heterogeniczności komórek w wielokomórkowych żywych koloniach i tkankach. Jednakże, w celu przezwyciężenia sprzeczności pomiędzy "małymi jednostkami" a "dużymi koloniami", kwestią niecierpiącą zwłoki jest opracowanie nowych technik obrazowania optycznego dla bez-znacznikowej analizy odsłaniającej strukturę sub-komórkową całej kolonii komórek. Pozwólą one na dokładną i automatyczną lokalizację pojedynczych komórek-markerów w dynamicznie heterogenicznej populacji, gdyż często tylko nieliczne komórki niosą ze sobą istotne informacje (np. markery stanu choroby jak krążące komórki nowotworowe CTC) Planowany projekt badawczy skupia się na stworzeniu nowych fundamentalnych teorii, układów optoelektronicznych i algorytmów rekonstrukcji dla realizacji bez-zacznikowego, wysokorozdzielczego, interferometrycznego i nieinterferometrycznego ilościowego obrazowania fazowego (QPI - obrazowanie 2D) oraz tomografii współczynnika załamania światła (RIT - obrazowanie 3D). Poprzez inżynierię koherencji multipleksowanego oświetlenia i opracowanie nowych algorytmów obrazowania obliczeniowego uzyskamy eksperymentalnie i numerycznie napędzaną poprawę stosunku sygnału fazowego do szumu i przekroczenie limitu zawartości informacyjnej systemów mikroskopowych. Wyróżniono trzy główne pakiety robocze:

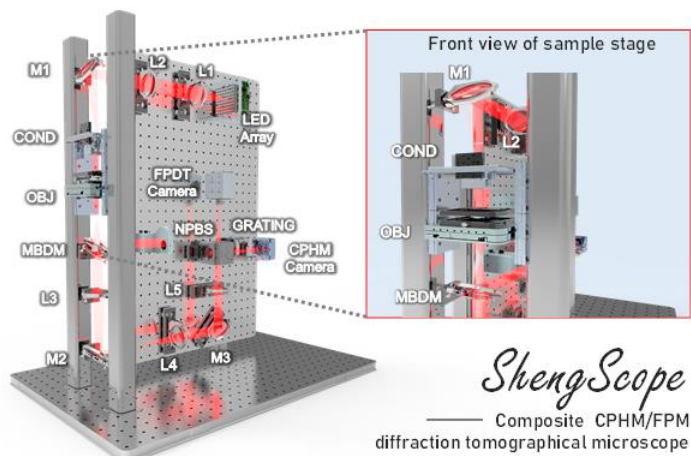
(1) opracowanie precyzyjnych metod 2D QPI do obrazowania nieoznakowanych żywych komórek w oparciu o niskokoherencyjną cyfrową holograficzną mikroskopię wspólnej drogi oraz fourierowską mikroskopię ptychograficzną;

(2) badania RIT 3D realizowane w kodowaniu interferometrycznym (tomografia fazowa) i nieinterferometrycznym (ptychografia 3D), zrozumienie fundamentalnych powiązań pomiędzy tymi rekonstrukcjami, rozwijanie ich oraz zaproponowanie nowego mikroskopu optycznego do hybrydowej tomografii i ptychografii fazowej – ShengScope (Rys. 1);

(3) kompleksowe obrazowanie biomedyczne i pomiary prowadzone z „bio-partnerami”. Poprzez nowe metody opto-numeryczne zaawansowane zostaną np. badania komórek macierzystych i detekcja komórek rakowych.

Planujemy ugruntować podstawy teoretyczne i wsparcie techniczne dla następnej generacji narzędzi obrazowania nie-fluorescencyjnego do analizy pojedynczych komórek 2D/3D, umożliwiając naukowcom efektywne badanie dużych populacji sub-komórkową precyzją przy łatwym przygotowaniu próbek i bez ryzyka kontaminacji. ShengScope, wspólnie zaprojektowany, wdrożony i przetestowany przez zespoły WUT/NJUST, będzie miał znaczący wpływ na badania pojedynczych komórek (dzięki mikroskopii i tomografii (fazowej), umożliwiając szybką, dokładną i nieinwazyjną diagnostykę ilościową kolonii komórkowych i tkanek.

Główne cele tego projektu opierają się na połączeniu unikalnie komplementarnego doświadczenia dwóch zespołów badawczych posiadających silne zaplecze w zakresie eksperymentalnej interferometrycznej metrologii optycznej (PW) oraz nieinterferometrycznego ilościowego obrazowania fazowego (NJUST). Projekt przewiduje bliską współpracę obu zespołów w dążeniu do osiągnięcia ostatecznego celu - opracowania nowego hybrydowego mikroskopu i tomografu fazowego o unikalnym układzie i dedykowanej architekturze obliczeniowej, umożliwiającej innowacyjne połączenie nieinterferometrycznej ptychografii i interferometrycznego obrazowania fazowego 2D/3D. Doświadczenie i zaangażowanie obu zespołów jest kluczowe, ponieważ projekt ten nie mógłby być prowadzony przez jedną stronę, co sprawia, że doskonale nadaje się do Inicjatywy SHENG 3.



Rys. 1. Prototypowy układ ShengScope - wykorzystujący rozwiązania obrazowania fazowego 2D/3D i łączący je w samodzielne urządzenie, które może być wykorzystane do rozwiązywania ważnych problemów biomedycznych we współpracy z partnerami biomedycznymi.