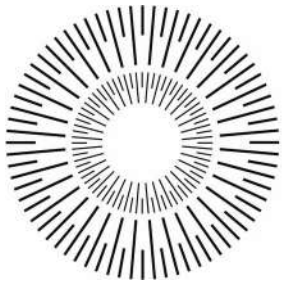


**Studencki Oddział SPIE Politechniki Warszawskiej**



**SPIE Student Chapter  
Warsaw University of Technology**

Rozbudowa Cyfrowego Mikroskopu Holograficznego o moduł polaryzatorów, moduł do pomiarów biologicznych i moduł kontroli różnicy dróg optycznych

Warszawa 2020

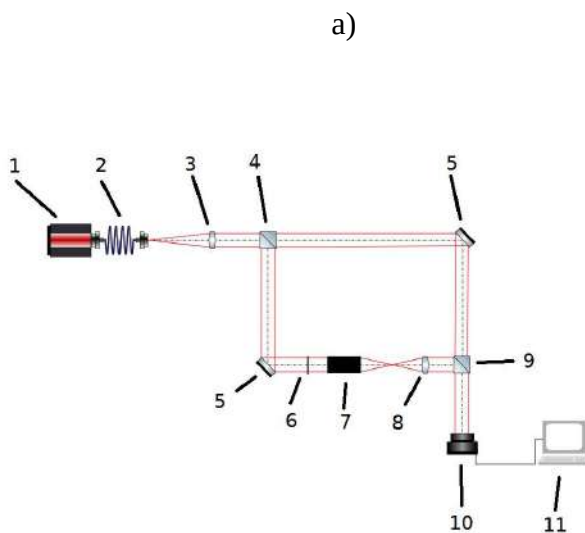
*Projekt został zgłoszony do Małej Puli na Projekty Naukowe 2020.*

## 1. Wstęp

Celem projektu jest rozbudowanie i udoskonalenie istniejącego układu Cyfrowego Mikroskopu Holograficznego (CMH). Rozbudowa będzie polegała na dodaniu modułu polaryzatorów wraz z uchwytami i zintegrowaniu ich z resztą układu.

Holografia cyfrowa (HC) staje się coraz bardziej popularną dziedziną optyki i jest dynamicznie rozwijana. Znajduje zastosowanie w wielu badaniach naukowych z różnych dziedzin (biologia, medycyna, nanotechnologia, materiałoznawstwo). Ograniczenia technologiczne związane z rozmiarem piksela i rozdzielczością w kamerach CCD/CMOS sprawiają, że holografia cyfrowa nabiera znaczących zalet nad innymi formami badań i analizy obiektów mikroskopowych. Dodatkowo HC ma także perspektywę wdrożenia w medycynie i przemyśle jako narzędzie kontrolno-pomiarowe, w związku z możliwością szybkiej i nieskomplikowanej wizualizacji oraz pomiaru amplitudy i fazy obiektów.

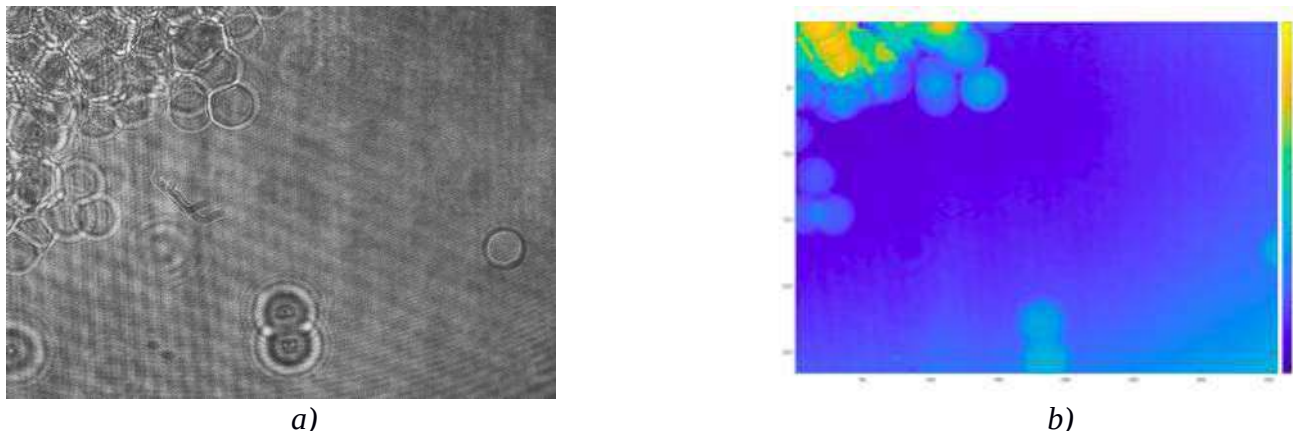
Konfiguracja transmisyjna mikroskopu multimodalnego pozwala na obserwację próbek fazowych lub amplitudowo-fazowych w świetle białym oraz holograficzną wizualizację amplitudy i fazy tych próbek z możliwością cyfrowego przeogniskowania (co nie jest możliwe w standardowym mikroskopie biologicznym) oraz co najistotniejsze pomiar holograficzny zintegrowanej fazy tych mikroobъекtów w całym polu widzenia. Mikroskop HC pracujący w trybie „time-lapse” umożliwia monitorowanie zmian fazy mikro obiektów biologicznych i technicznych pod wpływem zmian środowiskowych oraz monitorowanie ruchu mikroobъекtów w objętości pomiarowej. HC pozwala wielu naukowcom pracujących w różnych dziedzinach na unikatowy sposób mierzenia i monitorowania mikroobъекtów amplitudowo-fazowych [1].



Rys. 2: a) – schemat układu CMH: 1 – laser He-Ne, 2 – światłowód sprzęgnięty z wyjściem lasera, 3 – soczewka kolimująca, 4 – światłodzielenie, 5 – zwierciadła płaskie, 6 – polaryzator, 7 – obiektyw mikroskopowy, 8 – soczewka kolimująca wiązkę po obiektywie, 9 – światłodzielenie sprzęgające wiązki, 10 – kamera CCD, 11 – hardware zbierający dane z kamery; b) - Realizacja układu CMH zbudowana przez Studencki Oddział SPIE

Polaryzator na Rys. 2a) korzysta z nieznacznej polaryzacji światła laserowego, co pozwala na niewielkie wygaszenie wiązki.

Nasz układ zakłada możliwość badania komórek biologicznych i tkanek (próbki histopatologiczne) oraz próbek technicznych (falowody, światłowody, mikrosoczewki). Dane o zespolonym polu optycznym, a w szczególności fazie są odzyskiwane za pomocą metody transformaty Fouriera [2].

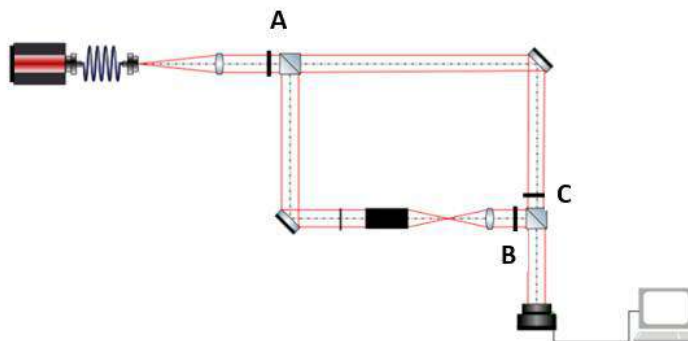


Rys. 3: a) – zarejestrowany obraz prążkowy/hologram mikrosfer PMMA,  
b) – odzyskany z obrazu prążkowego rozkład fazy badanych mikrosfer

Obecnie stosowane w układzie polaryzatory kontrolujące intensywność wiązek interferujących na kamerze CCD są niskiej jakości i wprowadzają znaczne błędy do uzyskiwanego obrazu, a tym samym do odzyskiwanego zespolonego pola optycznego. Wdrożenie polaryzatorów handlowych wysokiej jakości i zintegrowanych z nimi uchwytów zapewniających obrót pozwoli na usprawnienie działania układu CMH.

## 2. Projekt

W projekcie zakładamy dodanie polaryzatorów do układu CMH w sposób przedstawiony na Rys. 4:



Rys. 4: A – polaryzator wejściowy, B i C – polaryzatory kontrolujące wiązki referencyjną i obiektową

Laser wykorzystywany w układzie jest spolaryzowany, polaryzator A zostanie więc ustawiony w takim położeniu, aby zgrywać się z polaryzacją źródła. Następnie promieniowanie, po rozdzieleniu na ramię referencyjne i obiektowe, zostanie wygaszone w stopniu zapewniającym równą intensywność

obu wiązek na detektorze. Równa intensywność pozwoli na osiągnięcie maksymalnego kontrastu prążków w zarejestrowanym obrazie, wyrażanego wzorem:

$$IFC = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

gdzie:  $I_{max}$  – maksymalne natężenie pikseli w obrazie,  $I_{min}$  – minimalne natężenie pikseli w obrazie.

Polaryzatory są wymagane w obu ramionach po to, aby zgrać ze sobą polaryzację wiązek referencyjnej i obiektowej. Identyczne polaryzacje są bowiem jednym z warunków zajścia interferencji, która jest podstawą działania CMH i przeprowadzanego pomiaru.

### **3. Podsumowanie**

Rozbudowanie układu CMH o moduł polaryzatorów pozwoli na zwiększenie dokładności uzyskiwanych wyników pomiarów. To pozwoli nam na dokładniejsze badania próbek technicznych i biologicznych. W ramach projektu sporządzone zostanie także oprogramowanie pozwalające na dalsze usprawnienie analizy obrazów prążkowych.

Na podstawie układu z elementami polaryzacyjnymi możliwy będzie również dalsza implementacja technik stosowanych w układach CMH, takich jak multipleksing, co pozwala na uzyskanie dodatkowych danych o próbce w trakcie wykonywania pomiaru.

Dodając kontrolę polaryzacji możemy także zaprezentować ją jako dodatkowy element szeroko pojętej fotoniki w wydarzeniach popularyzacyjnych i innych, co pozwoli nam na szerzenie wiedzy o tej dziedzinie nauki.

### **4. Literatura**

[1] VM Rossi, Digital Holographic Microscopes: Design, Characterization, and Image Reconstruction, vol. SL29 of SPIE Spotlights in Optical Design & Engineering Series, RD Fiete (ed.). Bellingham, WA: SPIE Press, 2017.

[2] Patorski Krzysztof, Kujawińska Małgorzata, Sałbut Leszek: Interferometria laserowa z automatyczną analizą obrazu, 2005, Oficyna Wydawnicza PW, ISBN 83-7207-491-7, 352 p.

[3] ELLIS, J. D. Field Guide to Displacement Measuring Interferometry. Bellingham. 2013.