

# **Specyfikacja sprzętu i wyposażenia w ramach projektu „Centrum Mikroskopowego Badania Materii (SPIN-Lab)”**

## **Zadanie 1: Zakup mikroskopów**

1. Transmisyjny mikroskop elektronowy przystosowany do badań w warunkach kriogenicznych z działem z emisją polową o podwyższonej jasności oraz napięciem przyspieszającym w zakresie od 60 do 200 kV wraz z urządzeniem do witrafikacji próbek oraz czyszczenia plazmowego.
2. Skaningowy mikroskop elektronowy wyposażony w działo elektronowe z emitern Schottky zintegrowany z konfokalným mikroskopem Ramana wraz z urządzeniami do preparatyki materiałów do obrazowania mikroskopowego. System analityczny zawierający spektrometry EDS oraz WDS. System wyposażony w mikroskop sił atomowych.
3. Skaningowy mikroskop elektronowy wyposażony w działo elektronowe z emitern Schottky oraz działo jonów Ga do trawienia i modyfikacji powierzchni wraz z systemem do polerowania jonowego. System analityczny EDS z wyposażeniem i oprogramowaniem do analiz 3D EDS.
4. Mikroskop rentgenowski do przestrzennego obrazowania struktury wewnętrznej preparatów.
5. Badawczy mikroskop konfokalny z punktowym, laserowym systemem konfokalnym, modułami wysokiej rozdzielczości wraz z kamerą hiperspektralną do analiz w szerokim spektrum podczerwieni.

### **Ad. 1) Transmisyjny mikroskop elektronowy przystosowany do badań w warunkach kriogenicznych z działem z emisją polową o podwyższonej jasności oraz napięciem przyspieszającym w zakresie od 60 do 200 kV wraz z urządzeniem do witrafikacji próbek oraz czyszczenia plazmowego (1 zestaw)**

Transmisyjny mikroskop elektronowy przystosowany do badań w warunkach kriogenicznych z działem z emisją polową o podwyższonej jasności oraz napięciem przyspieszającym w zakresie od 60 do 200 kV (CTEM). Zastosowanie klasycznej mikroskopii elektronowej wymaga chemicznego lub fizycznego utrwalenia obiektów, szczególnie znajdujących się w roztworach lub zawierających wodę w swej budowie (materiały biologiczne) aby możliwe były obserwacje w warunkach wysokiej próżni panującej w kolumnie mikroskopu. Suszenie próbek lub wymiana rozpuszczalnika oraz dodatkowe barwienie może zmienić rzeczywistą strukturę badanych preparatów. Metoda CTEM umożliwia bezpośrednie obrazowanie i charakterystykę obiektów w stanie naturalnym. Roztwory badanych obiektów są przeprowadzane w stan szklisty poprzez szokowe zamrożenie (witrafikacja) zapobiegające zniekształceniu obiektów. Istotnym parametrem w tego typu mikroskopie jest możliwość pracy przy niskiej powierzchniowej dozie elektronów oraz szybkość zapisu obrazów.

Urządzenie będzie przystosowane do pracy z preparatami zamrożonymi oraz w temperaturze pokojowej. Mikroskop pozwoli na obserwacje w klasycznym trybie z wiązką równoległą (CTEM) z rozdzielczością punktową nie gorszą niż 0,30 nm oraz w trybie skaningowym ze skupioną wiązką (STEM) z rozdzielczością nie gorszą niż 0,20 nm. Akwizycja obrazów w trybie CTEM, standardowo stosowanym w badaniach próbek biologiczno-medycznych, będzie dokonywana na zintegrowanej z oprogramowaniem mikroskopu kamerze typu CMOS o rozdzielczości nie gorszej niż 4k x 4k pikseli. Kamera musi zapewniać szybkość co najmniej 40 fps przy pełnej rozdzielczości, co jest niezbędne do rejestracji procesów dynamicznych oraz korekcji dryfu. Aby zapewnić duży kontrast absorpcyjny na niebarwionych próbkach niskokontrastowych (np. biologicznych, polimerach), odległość między nabiegunkami soczewki obiektywowej musi wynosić co najmniej 10 mm. Duża odległość zapewni również miejsce na wszelakie specjalistyczne holdery funkcyjne dostępne współcześnie i w przyszłości. Jest to o tyle ważne, że jest to jeden z głównych współczesnych kierunków rozwoju TEM. Tryb STEM, standardowo stosowany dla próbek materiałowych, będzie posiadał minimum 3 detektory, pozwalające na elastyczny wybór i dostosowanie mechanizmu kontrastu. Rejestracja obrazów STEM będzie odbywać się z maksymalną rozdzielczością nie gorszą niż 4k x 4k pikseli, z automatyczną korekcją dryfu i jednocześnie na wszystkich detektorach. Ze względu na to, że tryb STEM pozwala analizować grubsze próbki (nawet >500 nm), co ma znaczenie zwłaszcza dla tomografii, będzie on dostępny również dla wiązki o niskim kącie zbieżności (<1 mrad) zapewniającej dużą głębię ostrości.

Wypożyczenie dodatkowe:

- Urządzenie do szokowego zamrażania próbek uwodnionych w ciekłym etanie lub innym medium kriogenicznym stosowanym do witrifikacji z komorą umożliwiającą kontrolę temperatury i wilgotności.
- Urządzenie do czyszczenia plazmowego pozwalające na czyszczenie niskoenergetyczną plazmą uchwyty TEM oraz preparatów SEM: system działający w oparciu o generator plazmy sprzężony indukcyjnie, typu „downstream plasma”, wykorzystujący dwa podłączone niezależnie gazy: tlen (25%) oraz argon (75%); urządzenie wyposażone w zestaw min. 3 pojemników próżniowych pozwalających na przechowywanie holderów TEM wraz z próbkami.

**Ad. 2) Skaningowy mikroskop elektronowy wyposażony w działo elektronowe z emiternem Schottky zintegrowany z konfokalnym mikroskopem Ramana wraz z urządzeniami do preparatyki materiałów do obrazowania mikroskopowego. System analityczny zawierający spektrometry EDS oraz WDS. System wyposażony w mikroskop sił atomowych (1 zestaw)**

Możliwość korelacyjnego spektroskopowo-mikroskopowego badania materii z wysoką rozdzielczością zarówno obrazowania jak i spektroskopową. Możliwość dokonywania wizualizacji mikroskopowej z jednoczesną rejestracją promieniowania rozproszenia Ramana w mikroobszarach oraz wtórnego promieniowania Rentgenowskiego zróżnicowanego długością fali (WDX). Korelacja mikrografii skaningowych powierzchni z analizą spektroskopową i rentgenowską w mikroobszarach umożliwi dokonywanie zaawansowanych analiz fizykochemicznych materii. Skaningowy mikroskop elektronowy jest narzędziem wykorzystywanym w analizie własności różnorodnych materiałów. Ta metoda obrazowania umożliwia uzyskiwanie wysokorozdzielczych obrazów obiektów o rozmiarach w zakresie mikrometrów i nanometrów.

Urządzenie charakteryzujące się rozdzielczością obrazowania elektronowego mikroskopu skaningowego nie gorszą niż:

0,9 nm przy 15 kV

1,7 nm przy 1 kV

2.0 nm przy 500 V

0,9 nm przy 30 kV (detektor STEM)

- Prąd wiązki elektronowej regulowany w sposób ciągły w zakresie od nie więcej niż 2 pA do nie mniej niż 400 nA. - Optymalizacja średnicy ogniska wiązki także przy wysokich prądach wiązki.
- Zakres powiększeń regulowany w sposób ciągły w zakresie od nie więcej niż 2 razy do nie mniej niż 2 000 000 razy.
- Optyka mikroskopu skaningowego wyposażona w dodatkową soczewkę elektronową, która zapewnia możliwość płynnej regulacji średnicy wiązki elektronowej bez użycia apertur mechanicznych wymagających centrowania.
- Możliwość szybkiej regulacji oraz zmiany trybu pracy optyki elektronowej w celu uzyskiwania wysokich rozdzielczości, zwiększonej głębi ostrości oraz pochylania osi skanowania wiązki elektronowej.
- Możliwość obrazowania wysokorozdzielczego próbek dia-, para- oraz ferromagnetycznych w dowolnej proporcji w tym także przy niskiej odległości roboczej oraz przy niskim napięciu przyspieszającym. Brak obecności pola elektromagnetycznego w najbliższym otoczeniu próbek.
- Napięcie przyspieszające wiązki elektronowej od 50V do 30 kV
- Stolik próbek zmotoryzowany we wszystkich osiach. Zakres ruchu stolika w osi X - 250 mm , przesuw w osi Y nie mniejszy niż 150 mm. Ruch w osi Z nie mniejszy niż 50 mm oraz możliwość pochylania co najmniej w zakresie od -3 do +70 stopni.

- Komora i kolumna mikroskopu zainstalowane na zintegrowanym aktywnym układzie tłumienia drgań. Układ wyposażony w czujniki wibracji i układ siłowników korygujących wykryte drgania z zewnętrznych źródeł.
- Pole widzenia w mikroskopie elektronowym o średnicy 7 mm przy odległości roboczej 6 mm.
- Mikroskop wyposażony w tryb zmiennej próżni umożliwiający kompensację ładunku elektrycznego powstającego w czasie obserwacji próbek nieprzewodzących. Zakres regulacji ciśnienia w trybie zmiennej próżni do co najmniej 500 Pa.
- Mikroskop wyposażony w detektory SE oraz BSE umieszczone wewnątrz komory mikroskopu oraz dwa niezależne detektory umożliwiające równoczesne obrazowanie SE i BSE umieszczone w kolumnie mikroskopu (in-column). Detektory umieszczone wewnątrz kolumny mikroskopu wyposażone w rozwiązanie umożliwiające filtrowanie energii sygnału elektronowego. Detektor BSE umieszczony w komorze mikroskopu zoptymalizowany do detekcji niskoenergetycznego sygnału elektronowego.

#### Dodatkowe wyposażenie mikroskopu:

- Detektor elektronów przechodzących (STEM) na wysuwanym ramieniu przeznaczony do obserwacji cienkich próbek przygotowywanych dla techniki TEM przy pomocy działu jonowego. Detektor umożliwiający obrazowanie w trybie kolorowym.
- szybkoskanujący mikroskop sił atomowych pozwalający na obrazowanie materii miękkiej w środowisku ciekłym, z fototermalnym wzbudzaniem mikro belki sprężystej, pozwalający na obrazowanie w zakresie 100x100  $\mu\text{m}$  w osi X i Y oraz 15 w osi Z, posiadający zautomatyzowany układ ustawienia lasera na sondzie oraz kolimacji detektora.
- Odpowiedni do wymagań systemu zasilacz awaryjny typu UPS.

#### Mikroskop RAMAN:

- Urządzenie zainstalowane na komorze mikroskopu skaningowego i w pełni zintegrowane z mikroskopem.
- Stolik próbek mikroskopu skaningowego umożliwiający przesuwanie preparatu między kolumną i systemem obrazowania elektronowego a układem obrazowania Ramana. Wymagane jest odpowiednie oprogramowanie umożliwiające korelowanie i nakładanie na siebie obrazów elektronowych oraz obrazów z mikroskopu Raman oraz innych technik obrazowania.
- Zbieranie kompletnego widma Ramana z każdego piksela (mapowanie)
- Bezpośrednia analiza sygnału optycznego bez stosowania w układzie zwierciadeł czy innych urządzeń kierujących sygnał lub wiązkę aby uniknąć utraty sygnału czy utrudnić lokalizację obszaru analizowanego.
- Możliwość uzyskiwania map Ramana z obszaru o wymiarach co najmniej 250x250  $\mu\text{m}$

- Wysoka szybkość zbierania widm Ramana – powyżej 1000 widm na sekundę.
- Rozdzielczość obrazowania Ramana 360 nm.
- Rozdzielczość spektralna  $< 1 \text{ cm}^{-1}$
- Zakres spektralny: 95-4000  $\text{cm}^{-1}$
- Dostępne długości fali laserów: 488, 532, możliwość dołożenia w przyszłości 785 nm.
- Analiza mikroobszarów.
- Obrazowanie konfokalne 3D Raman – tomografia nieniszcząca przezroczystych próbek o rozdzielczości wertykalnej  $< 2 \mu\text{m}$ .
- Skanowanie realizowane bez konieczności przesuwu stolika.
- Trzy tryby obrazowania w jednym urządzeniu: konfokalny Raman, niekonfokalny (białe światło) i konfokalne obrazowanie fluorescencyjne.

#### Systemy analityczne EDS i WDS:

- System EDS wyposażony w detektor niewymagający chłodzenia kriogenicznego o powierzchni aktywnej co najmniej 100 mm<sup>2</sup>. Detektor o rozdzielczości nie gorszej niż 127 eV dla linii Mn zmierzonej w miejscu instalacji zgodnie z ISO 15632:2012.
- Detektor zainstalowany na zmotoryzowanym ramieniu umożliwiającym wsunięcie i wysunięcie detektora. Czujnik otoczenia zainstalowany na detektorze EDS umożliwiający wykrycie potencjalnego zagrożenia kolizją zanim dojdzie do kontaktu z przeszkodą w czasie automatycznego wsuwania lub wysuwania detektora.
- Oprogramowanie systemu EDS umożliwiające analizę punktową, liniową oraz uzyskiwanie map rozkładu pierwiastków o rozdzielczości nie gorszej niż 8000x8000 pikseli.
- Równoczesne zbieranie w czasie rzeczywistym przez jedno wspólne oprogramowanie obrazów SE, BSE, map rozkładu pierwiastków wraz z oznaczaniem pików na zbieranym spektrum bez przerywania trwających czynności w czasie ruchu stolika mikroskopu.
- System EDS umożliwiający analizę bezwzorcową oraz z użyciem wzorców.
- Oprogramowanie do analiz 3D EDS.
- System WDS umożliwiający analizę jakościową i ilościową pierwiastków od Boru (Z=5).
- Spektrometr zawierający 4 kryształów z możliwością dodania 2 kolejnych.
- Koło Rowlanda o średnicy 210mm i zakres kątowy  $2\theta$  w zakresie od 33 do 135 stopni.
- Szczelina na wejściu detektora regulowana przy pomocy silnika w zakresie 0.01-2.5 mm z krokiem 0.01 mm.

**Ad. 3) Skaningowy mikroskop elektronowy wyposażony w działo elektronowe z emiterem Schottky oraz działo jonów Ga do trawienia i modyfikacji powierzchni wraz z systemem do polerowania jonowego. System analityczny EDS z wyposażeniem i oprogramowaniem do analiz 3D EDS (1 zestaw)**

Możliwość obrazowania obiektów w stanie uwodnionym (SEM środowiskowy) jak również sekwencyjną rejestrację obrazów obiektu, powierzchnia po powierzchni z jednoczesnym odcinaniem kilkudziesięcionanometrowych skrawków preparatu wewnątrz komory mikroskopu podczas prowadzenia eksperymentu w celu późniejszego składania trójwymiarowych wizualizacji materiałów. Urządzenie charakteryzujące się rozdzielczością obrazowania elektronowego mikroskopu skaningowego nie gorszą niż:

0,9 nm przy 15 kV

1,7 nm przy 1 kV

2.0 nm przy 500 V

0,9 nm przy 30 kV (detektor STEM)

- Prąd wiązki elektronowej regulowany w sposób ciągły w zakresie od nie więcej niż 2 pA do nie mniej niż 400 nA. - Optymalizacja średnicy ogniska wiązki także przy wysokich prądach wiązki.
- Zakres powiększeń regulowany w sposób ciągły w zakresie od nie więcej niż 2 razy do nie mniej niż 2 000 000 razy.
- Optyka mikroskopu skaningowego wyposażona w dodatkową soczewkę elektronową, która zapewnia możliwość płynnej regulacji średnicy wiązki elektronowej bez użycia apertur mechanicznych wymagających centrowania.
- Możliwość szybkiej regulacji oraz zmiany trybu pracy optyki elektronowej w celu uzyskiwania wysokich rozdzielczości, zwiększonej głębi ostrości oraz pochylania osi skanowania wiązki elektronowej.
- Możliwość obrazowania wysokorozdzielczego próbek dia-, para- oraz ferromagnetycznych w dowolnej proporcji w tym także przy niskiej odległości roboczej oraz przy niskim napięciu przyspieszającym. Brak obecności pola elektromagnetycznego w najbliższym otoczeniu próbek.
- Napięcie przyspieszające wiązki elektronowej od 50V do 30 kV
- Stolik próbek zmotoryzowany we wszystkich osiach. Zakres ruchu w osi X oraz Y nie mniejszy niż 130 mm. Ruch w osi Z nie mniejszy niż 90 mm oraz możliwość pochylania co najmniej w zakresie od -60 do +90 stopni.
- Komora i kolumna mikroskopu zainstalowane na zintegrowanym aktywnym układzie tłumienia drgań. Układ wyposażony w czujniki wibracji i układ siłowników korygujących wykryte drgania z zewnętrznych źródeł.

- Pole widzenia w mikroskopie elektronowym o średnicy 7 mm przy odległości roboczej 6mm.
- Mikroskop wyposażony w tryb zmiennej próżni umożliwiający kompensację ładunku elektrycznego powstającego w czasie obserwacji próbek nieprzewodzących. Zakres regulacji ciśnienia w trybie zmiennej próżni do co najmniej 500 Pa.
- Mikroskop wyposażony w detektory SE oraz BSE umieszczone wewnątrz komory mikroskopu oraz dwa niezależne detektory umożliwiające równoczesne obrazowanie SE i BSE umieszczone w kolumnie mikroskopu (in-column). Detektory umieszczone wewnątrz kolumny mikroskopu wyposażone w rozwiązanie umożliwiające filtrowanie energii sygnału elektronowego. Detektor BSE umieszczony w komorze mikroskopu zoptymalizowany do detekcji niskoenergetycznego sygnału elektronowego.

#### Dodatkowe wyposażenie mikroskopu:

- Detektor elektronów przechodzących (STEM) na wysuwanym ramieniu przeznaczony do obserwacji cienkich próbek przygotowywanych dla techniki TEM przy pomocy działu jonowego. Detektor umożliwiający obrazowanie w trybie kolorowym.
- Urządzenie do przygotowywania preparatów SEM – polerka jonowa: instrument wyposażony w dwa niezależnie regulowane, zmotoryzowane działu pracujące w zakresie energii jonów od 100eV do 10keV, pozwalający na polerowanie powierzchni preparatów lub wykonywanie przekrojów poprzecznych, wyposażony w układ chłodzenia LN2 oraz mikroskop do podglądu komory preparatu
- Detektor SE do pracy w trybie zmiennej próżni.
- Nanomanipulator do przenoszenia próbek modyfikowanych techniką FIB
- Odpowiedni do wymagań systemu zasilacz awaryjny typu UPS.

#### Kolumna i działu jonowe:

- Działu jonowe wyposażone w źródło jonów Ga o czasie pracy nie gorszym niż 3000  $\mu$ Ah.
- Prąd wiązki jonowej nie gorszy niż 100 nA zapewniający możliwość szybkiego modyfikowania/przygotowywania próbek.
- Rozdzielczość FIB – lepsza niż 2.5 nm przy 30 kV.
- Powiększenie od 150 do 1 000 000 razy.
- Energia wiązki FIB od 0.5 do 30 kV.
- Kolumna jonowa wyposażona w co najmniej 30 apertur aby zapewnić optymalne warunki pracy w różnych aplikacjach oraz obniżyć koszty eksploatacji.
- Dwa układy dozowania gazu typu GIS wraz z pojemnikami.
- Oprogramowanie umożliwiające uzyskanie cienkich próbek (lamel) dla techniki TEM.

#### System analityczny EDS:

- System EDS wyposażony w detektor niewymagający chłodzenia kriogenicznego o powierzchni aktywnej co najmniej 100 mm<sup>2</sup>. Detektor o rozdzielczości nie gorszej niż 127 eV dla linii Mn zmierzonej w miejscu instalacji zgodnie z ISO 15632:2012.
- Detektor zainstalowany na zmotoryzowanym ramieniu umożliwiającym wsunięcie i wysunięcie detektora. Czujnik otoczenia zainstalowany na detektorze EDS umożliwiający wykrycie potencjalnego zagrożenia kolizją zanim dojdzie do kontaktu z przeszkodą w czasie automatycznego wsuwania lub wysuwania detektora.
- Oprogramowanie systemu EDS umożliwiające analizę punktową, liniową oraz uzyskiwanie map rozkładu pierwiastków o rozdzielczości nie gorszej niż 8000x8000 pikseli.
- Równoczesne zbieranie w czasie rzeczywistym przez jedno wspólne oprogramowanie obrazów SE, BSE, map rozkładu pierwiastków wraz z oznaczaniem pików na zbieranym spektrum bez przerywania trwających czynności w czasie ruchu stolika mikroskopu.
- System EDS umożliwiający analizę bezwzorcową oraz z użyciem wzorców.
- Oprogramowanie do analiz 3D EDS.

**Ad. 4) Mikroskop rentgenowski do przestrzennego obrazowania struktury wewnętrznej preparatów (1 zestaw)**

Mikroskop rentgenowski do przestrzennego obrazowania struktury wewnętrznej preparatów.

- Rozdzielczość obrazowania 500 nm.
- Wielkość próbek – co najmniej 40 cm średnica i 40 cm wysokość.
- Źródło rentgenowskie 30-160 kV / 25W.
- Możliwość instalacji w komorze dodatkowych akcesoriów i wyposażenia do obserwacji procesów dynamicznych związanych ze zmianą temperatury lub w wyniku oddziaływania mechanicznego.

**Ad. 5) Badawczy mikroskop konfokalny z punktowym, laserowym systemem konfokalnym, modułami wysokiej rozdzielczości wraz z kamera hiperspektralną do analiz w szerokim spektrum podczerwieni (1 zestaw)**

Mikroskop konfokalny wysokiej rozdzielczości daje możliwość analizy powierzchni w szerokim zakresie podczerwieni oraz obrazowania 4D. Mikroskop konfokalny o dużej rozdzielczości do badań materiałowych. Mikroskopia konfokalna ma wiele zalet w porównaniu z konwencjonalną mikroskopią optyczną, cechują ją bowiem wysoki kontrast i rozdzielczość, co ułatwia badania w szczególności w obszarze badań biologicznych. Zakup urządzenia umożliwi prowadzenie badań w obszarze biotechnologii medycznych oraz inżynierii środowiska.



Mikroskop wyposażony:

- statyw z wbudowanym fabrycznie, wewnętrznym, automatycznym przesuwem w osi Z o minimalnym kroku nie więcej niż 10nm
- min. 4 porty w mikroskopie umożliwiające jednocześnie podłączenie głowicy skanującej oraz innych urządzeń dokumentacyjnych
- apochromatyczne oświetlenie w świetle odbitym, długość optyczna obiektywów 45 mm lub mniej
- automatyczne obniżanie i podnoszenie obiektywów do płaszczyzny fokalnej np. do zmiany preparatu, czy zakropienia olejku immersyjnego
- automatyczne rozpoznawanie zainstalowanych obiektywów i filtrów fluorescencyjnych, bez konieczności wstępnego programowania
- tubus o kącie pochylenia 45°, z możliwością odcięcia światła od okularów
- pole widzenia mikroskopu min. 23 mm
- dwa okulary o polu widzenia min. 23 mm, z korekcją dioptrii
- stolik skaningowy z możliwością automatycznego przesuwu w osiach x, y
- zakres ruchu co najmniej 130 x 100 mm, prędkość maksymalna co najmniej 100 mm/s, powtarzalność +/- 0,6 µm
- wkładka do stolika do szybkich rejestracji w osi Z, zakres ruchu co najmniej 500 µm, rozdzielczość 1 nm, powtarzalność +/- 5 nm, obciążenie maksymalne 2 kg lub większe
- uchwyt do szalek Petriego (od 25 do 60 mm), poziomowany
- uchwyt do szkiełek podstawowych, komór Lab Tec i szalek Petriego 36 mm, poziomowany
- automatyczny rewolwer obiektywowy na min. 6 obiektywów, z osobnymi gniazdami suwaków do kontrastu Nomarskiego (DIC) dla każdego z obiektywów
- wbudowany system do długotrwałych obserwacji, zapobiegający dryftowi termicznemu, utrzymujący stałą odległość pomiędzy obiektywem a preparatem
- obiektywy specjalizowane do obrazowania konfokalnego lub superrozdzielczości
- 2,5x / 0,085 semiplanapochromat
- 10x/0,45 planapochromat
- 20x/0,80 planapochromat
- 40x/1,30 semiplanapochromat, immersja olejowa
- 63x /1,20 planapochromat, immersja wodna, automatyczna korekcja grubości szkiełka
- 63x /1,40 planapochromat, immersja olejowa
- 100x /1,46 planapochromat, immersja olejowa
- automatyczny kondensor obrotowy umożliwiający zastosowanie technik jasnego, kontrastu fazowego oraz kontrastu Nomarskiego (DIC), z aperturą 0,55 i odległością roboczą min. 26 mm

- kompletne wyposażenie do pracy w kontraście Nomarskiego (DIC) z niezależnymi suwakami dla wszystkich obiektywów
- automatyczny rewolwer na min. 6 filtrów fluorescencyjnych
- filtr fluorescencyjny do GFP, mRFP/Aleksa 633 o transmisji co najmniej 95%
- oświetlacz halogenkowy do fluorescencji o mocy 120W z regulacją natężenia światła, podłączenie światłowodowe do statywu mikroskopu
- lampa halogenowa z możliwością centrowania, o mocy 100W - montowana bezpośrednio na statywie mikroskopu
- umieszczony poza statywem (dla eliminacji przepięć i zakłóceń elektrycznych) zewnętrzny zasilacz sieciowy mikroskopu
- regulacja natężenia lampy halogenowej ze wskazaniem nastawionej wartości
- automatyczna przesłona lampy fluorescencyjnej
- wspólna śruba z osobnymi pokrętkami mikro/makrometrycznymi położonymi z obu stron statywu
- umieszczone na statywie mikroskopu klawisze funkcyjne z możliwością dowolnego przypisania przez użytkownika odpowiadających im funkcji automatycznych mikroskopu (zmiana obiektywów, filtrów itp.)
- sterowanie automatycznymi funkcjami mikroskopu dodatkowo poprzez dotykowy panel LCD umożliwiający podgląd ustawionych wartości, możliwość umieszczenia panelu na mikroskopie lub w zewnętrznej stacji dokującej wyposażonej w śruby mikro/makro i pokrętła sterowania stolikiem
- zamontowany bezpośrednio na statywie mikroskopu port TCPIP do połączenia z siecią komputerową w celach diagnostycznych
- duża komora inkubacyjna obejmująca statyw mikroskopu, w celu zapewnienia stabilności przy rejestracjach super-rozdzielczych, z utrzymywaniem poziomu wilgotności, temperatury i CO<sub>2</sub>, uchwyty grzewcze do płytek wielodołkowych 6x, 12x, 24x i 96x

#### WYPOSAŻENIE DO REJESTRACJI KONFOKALNYCH

- zestaw laserów oraz sterowanie zapewniające niezależną pracę ze wszystkimi dostępnymi liniami laserów (moce podane na wyjściu światłowodu):

405 nm/min. 14 mW

445 nm/min. 7,5 mW

488 nm/min. 10 mW

514 nm/min. 10 mW

561 nm/min. 10 mW

639 nm/min. 7,5 mW

- układ typu AOTF niezależnego, płynnego sterowania mocą wszystkich linii laserów w zakresie 0-100% oraz ich wygaszania i selekcji linii zmotoryzowana w osiach x,y, o płynnie regulowanej wielkości przysłona konfokalna
- programowa procedura automatycznego ustawiania optymalnej pozycji przysłony konfokalnej
- wbudowane łącznie co najmniej 67 detektorów: 32+2 detektory w głowicy konfokalnej, 32 detektory w głowicy super-rozdzielczości, 1 detektor światła przechodzącego
- układ detekcji z min. 32 ultraczułymi detektorami typu GaAsP PMT i 2 detektorami typu MA PMT, dający możliwość jednoczesnej rejestracji wzbudzonej fluorescencji w min. 6 kanałach oraz równoległej rejestracji spektralnej z wykorzystaniem wszystkich detektorów
- możliwość opcjonalnego wykorzystania opisanego powyżej układu detektorów w technice FCS i podobnych, opierających się na zliczaniu pojedynczych fotonów
- detektory oraz inne elementy układu detekcji umieszczone razem ze skanerem w jednej głowicy konfokalnej, montowanej bezpośrednio na porcie mikroskopu – brak połączeń światłowodowych pomiędzy detektorami a mikroskopem
- dodatkowy fotopowielacz (detektor) do światła przechodzącego, niezależny od detektorów do rejestracji fluorescencji
- możliwość jednoczesnej rejestracji obrazów na wszystkich detektorach głowicy konfokalnej
- układ skanujący o stałej, liniowej wartości przesuwu z 2 lustrami galwanicznymi
- możliwość dowolnego obrotu układu skanującego o 360° z dokładnością 1°, dowolny obrót luster galwanometrycznych bez przerywania procesu skanowania
- prędkość skanowania umożliwiającą rejestrację min. 13 ramek na sekundę przy obrazach o rozdzielczości 512x512 pikseli, rejestracja spektralna 7-mio kanałowa min. 5 ramek na sekundę (512 x 512 pikseli)
- dodatkowa możliwość zwiększenia prędkości skanowania poprzez skanowanie krokowe, czyli co określoną wartość linii i interpolacji danych w liniach pominiętych
- układ skanujący z możliwością regulacji szybkości skanowania (min. 19 x 2 różnych nastaw)
- możliwość skanowania jedno- lub dwu- kierunkowego
- pole skanowania o przekątnej co najmniej 20 mm
- rozdzielczość skanowania ustawiana w zakresie od 4 x 1 do 8192 x 8192 pikseli
- rejestracja obrazów w trybie 8, 12 i 16 bitowym we wszystkich kanałach (także w kanale światła przechodzącego)
- zmiana powiększenia optycznego głowicy skanującej (zoom optyczny) regulowana płynnie w zakresie min. od 0,6x do 40x

- tryb skanowania równoległego oraz sekwencyjnego, umożliwiający rejestrację wielokanałową (możliwość podglądu wszystkich kanałów oraz ich nałożenia)
- tryby skanowania: linie oraz krzywe o dowolnym kształcie, obrazy dwuwymiarowe w osiach xy, xz, yz, obrazy trójwymiarowe w osiach xyz oraz wszystkie te kombinacje dodatkowo rejestrowane w sekwencjach czasowych
- możliwość definiowania sekwencji czasowych z opcją fotoaktywacji lub fotowypalania (pojedynczego lub sekwencyjnie powtarzającego się) w dowolnym obszarze, dowolną linią laserów, z dowolną mocą
- detekcja spektralna z możliwością jednoczesnego wykorzystania wszystkich detektorów, nastawiana z dokładnością co najmniej 3 nm
- możliwość automatycznej kompensacji zmian jasności podczas rejestracji obrazów 3D poprzez regulację intensywności wykorzystywanej mocy laserów lub czułości detektorów wraz ze zmianą w osi z
- dowolnie definiowany kształt obszarów, w których odbywa się skanowanie, odwzorowywany z dokładnością piksela (przy skanowaniu kilku obszarów, możliwość wyboru różnych mocy i linii laserów)
- wszystkie parametry głowicy skanującej ustawiane automatycznie oraz zapisywane wraz z rejestrowanym obrazem
- sterowanie systemem skanującym poprzez niezależną od komputera elektronikę pracującą w czasie rzeczywistym (możliwość równoczesnej rejestracji obrazu oraz analizy wcześniej zapisanych danych)

#### WYPOSAŻENIE DO REJESTRACJI SUPER-ROZDZIELCZYCH:

- dodatkowa głowica z detektorem matrycowym zbudowanym z min. 32 elementów GaAsP
- uzyskiwana rozdzielczość (przy wzbudzeniu 488 nm)  $X : Y : Z = 120 \times 120 \times 350$  nm przy od 4 do 8 krotnej poprawie stosunku SNR (signal to noise ratio)
- wykorzystywanie wszystkich laserów wbudowanych w mikroskopie konfokalnym
- standardowe przygotowanie preparatów (jak do mikroskopii konfokalnej i fluorescencyjnej)
- obróbka danych z detektora matrycowego w czasie rzeczywistym
- automatyczne przełączanie wszystkich elementów głowicy super-rozdzielczości
- moduł szybkiej rejestracji, pozwalający na pracę z prędkością akwizycji 47,5 fps (512x512 pikseli) przy zachowaniu głębokości obrazu 16 bitów, przy od 4 do 8 krotnej poprawie stosunku SNR (signal to noise ratio)
- ZESTAW KOMPUTEROWY Z MONITOREM DO PODGLĄDU I ANALIZY REJESTROWANYCH OBRAZÓW
- Rejestracje konfokalne i super-rozdzielcze

- Wymagania minimalne:
- Procesor: Intel® Xeon® Gold 8-Core 3.2 GHz lub inny o co najmniej takiej samej mocy obliczeniowej
- Karta graficzna: 24GB
- Pamięć RAM: 192 GB DDR4-2666 MHz ECC
- Dyski twarde: 1x 512 GB SSD, 2 x 4 TB SATA 7200 rpm (pracujące jako 4 TB RAID 1 HDD), 8 TB RAID 10 HDD
- Dysk optyczny: DVD +/- RW
- System operacyjny
- Monitor LCD min. 32"
- rozdzielczość: 3840 x 2160 pixeli
- jasność: 350 cd/m<sup>2</sup>
- kontrast: 1300:1

#### OPROGRAMOWANIE DO REJESTRACJI I ANALIZY OBRAZÓW:

- licencja główna - jednolite oprogramowanie, pochodzące od jednego dostawcy, równocześnie sterujące statywem mikroskopu, głowicą konfokalną z laserami, głowicą superrozdzielczości, rejestracją danych z konfokalnych technik obserwacji i pomiarów
- funkcja zapisywania istotnych parametrów skanowania wraz z obrazem, możliwość automatycznego odtwarzania tych parametrów
- prezentacja obrazu w skali szarości, pseudokolorach lub skalach barwnych
- rekonstrukcja i animacja 3D
- pomiary intensywności świecenia wzdłuż dowolnej krzywej, pomiary średniej intensywności świecenia z dowolnie wybranego obszaru
- pomiary zmian intensywności świecenia w czasie, w wybranym obszarze
- pakiet do analizy kolokalizacji sygnałów z możliwością podglądu nakładających się punktów na obrazie oryginalnym, wykres kolokalizacji oraz dane liczbowe z możliwością eksportu
- pakiet „channel unmixing” do programowego separowania sygnałów o nakładających się widmach
- pakiet umożliwiający rejestracje w czasie, z możliwością definiowania częstotliwości akwizycji obrazu
- pomiary geometryczne (odległość, obwód, pole powierzchni), nanoszenie skali, opisów, wskaźników itp.
- możliwość importu oraz eksportu danych do powszechnie wykorzystywanych formatów np. tif, gif, jpg, bmp, psd, avi, mov

- pakiet do analizy FRAP, moduł sterowania stolikiem skaningowym w zakresie płytek wielodołkowych, swobodnie wybieranych pozycji rejestracji oraz składania obrazu w osiach x i y
- pakiet zaawansowanej wizualizacji i analizy 3D i 4D, rendering metodą śledzenia promieni, rendering powierzchni, interaktywne pomiary 3D, zoptymalizowane zarządzanie danymi, które przekraczają pojemność pamięci graficznej systemu
- pakiet zaawansowanego tworzenia eksperymentów, pozwalający na łączeniu wcześniej utworzonych pojedynczych eksperymentów w grupy o wielokrotnych powtórzeniach
- pakiet oprogramowania do tworzenia makroinstrukcji, z edytorem, debuggerem oraz nagrywaniem makroinstrukcji, obsługa pętli programowych
- pakiet do analizy FRET
- pakiet do analizy procesów fizjologicznych
- pakiet do dekonwolucji obrazu
- pakiet do obrazowania HDR (high dynamic range)
- pakiet do mikroskopii korelacyjnej
- pakiet do łączenia obrazów uzyskanych w różnych systemach akwizycji obrazu
- pakiet do segmentacji obrazu w oparciu o technikę „machine learning”
- darmowe oprogramowanie dla dowolnej ilości użytkowników umożliwiające pracę z bazą danych obrazowych zarejestrowanych przy pomocy mikroskopu, odtwarzanie animacji (3D, 4D), nakładanie opisów i wskaźników, rzeczywista skala, pomiary interaktywne, import oraz export danych, funkcja drukowania
- oprogramowanie zawiera darmowe upgrade’y oraz poprawki eliminujące błędy zgodnie z harmonogramem wprowadzania takich poprawek ustalonym przez producenta oprogramowania

#### WYPOSAŻENIE DODATKOWE MIKROSKOPU SUPERROZDZIELCZEGO:

- kamera hiperspektralna do prowadzenia analiz chemicznych i mapowania chemicznego materiałów
- stół antywibracyjny wraz z kompresorem albo możliwością podłączenia do instalacji sprężonego powietrza zamawiającego
- preparaty kalibracyjne
- obiektyw do kalibracji głowicy konfokalnej.

**Zadanie 5: Zakup wyposażenia**

Lp.	Rodzaj	Nr pomieszczenia	Opis produktu	Ilość
1.	Meble	1	Szafka	2
2.		1	Stół	18
3.	Sprzęt AGD	1	Lodówka	1
4.	Sprzęt AGD	1	Kuchenka	1
5.	Sprzęt RTV	1	Roleta	1
6.		1	Ekran	1
7.	Meble	2	Biurko	4
8.		2	Krzesło	6
9.	Meble laboratoryjne	3	Stół laboratoryjny	2
10.	Meble	3	Biurko	2
11.		3	Krzesło	3
12.		4	Biurko	1
13.		5	Biurko	3
14.		5	Krzesło	3
15.		6	Biurko	2
16.		6	Krzesło	2
17.	Meble laboratoryjne	6	Stół laboratoryjny	1
18.	Meble	7	Biurko	2
19.		7	Krzesło	3
20.	Meble laboratoryjne	7	Stół laboratoryjny	2
21.		8	Stół laboratoryjny	2
22.	Meble	8	Biurko	2

23.		8	Krzesło	3
24.		8	Regał	1
25.	Meble laboratoryjne	9	Stół laboratoryjny	5
26.		9	Dygestorium	1
27.		9	Przystawka do stołu laboratoryjnego	1
28.		9	Szafka wisząca	4
29.		9	Stół laboratoryjny ze zlewem	1
30.	Meble	10	Regał	5
31.		10	Biurko	4
32.		10	Krzesło	8
33.		10	Stół	1
34.	Meble laboratoryjne	11	Stół laboratoryjny	6
35.		11	Stół laboratoryjny ze zlewem	1
36.		11	Dygestorium	2
37.		11	Przystawka do stołu laboratoryjnego	2
38.		11	Szafka wisząca	3
39.		12	Stół laboratoryjny ze zlewem	1
40.		12	Stół laboratoryjny	5
41.		12	Przystawka do stołu laboratoryjnego	2
42.		12	Dygestorium	2
43.	Meble	12	Regał	1



44.		13	Regał	3
45.		13	Biurko	4
46.		13	Umywalka	1
47.		13	Krzesło	8
48.		13	Szafka	1
49.		13	Stół	1
50.	Meble laboratoryjne	13	Stół laboratoryjny	3
51.		13	Stół laboratoryjny z przystawką	2
52.	Meble	14	Stół	1
53.		14	Krzesło	6
54.		14	Regał	3
55.	Meble laboratoryjne	14	Stół laboratoryjny	6
56.	Meble	14	Biurko	3
57.		15	Umywalka	2
58.		15	Toaleta	2

PROREKTOR  
ds. Finansów i Rozwoju  
prof. dr hab. Michał Daszykowski

